EXPLORANDO A VIDA

UMA JORNADA PELAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS 2

Organizadores:
Viviane Bezerra da Silva
José Weverton Almeida-Bezerra

Atena Editora
Ano 2024

EXPLORANDO A VIDA

UMA JORNADA PELAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS 2

Organizadores:
Viviane Bezerra da Silva
José Weverton Almeida-Bezerra

Atena Editora
Ano 2024

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

2024 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do texto © 2024 Os autores
Copyright da edição © 2024 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.
Open access publication by Atena Editora

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Biológicas e da Saúde

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso
Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília
Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Bruno Edson Chaves – Universidade Estadual do Ceará
Profª Drª Camila Pereira – Universidade Estadual de Londrina
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes
Prof. Dr. Davi Oliveira Bizerril – Universidade de Fortaleza
Profª Drª. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Guillermo Alberto López – Instituto Federal da Bahia
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Delta do Parnaíba – UFDPar
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Kelly Lopes de Araujo Appel – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal
Profª Drª Larissa Maranhão Dias – Instituto Federal do Amapá
Profª Drª Larissa Maranhão Dias – Instituto Federal do Amapá
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Luciana Martins Zuliani – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Max da Silva Ferreira – Universidade do Grande Rio

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Renato Faria da Gama – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Taísa Ceratti Treptow – Universidade Federal de Santa Maria

Profª Drª Thais Fernanda Tortorelli Zarili – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade Federal de Itajubá

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Explorando a vida: uma jornada pelas ciências biológicas 2

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Viviane Bezerra da Silva
José Weverton Almeida-Bezerra

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E96 Explorando a vida: uma jornada pelas ciências biológicas 2 / Organizadores Viviane Bezerra da Silva, José Weverton Almeida-Bezerra. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-2625-7
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.257241007

1. Ciências biológicas. I. Silva, Viviane Bezerra da (Organizadora). II. Almeida-Bezerra, José Weverton (Organizador). III. Título.

CDD 570

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

No vasto campo das ciências biológicas, o estudo dos efeitos de substâncias químicas e terapêuticas em organismos é uma área crucial para a compreensão da saúde e da doença. “Organização Explorando a Vida: Uma Jornada pelas Ciências Biológicas 2” abre suas páginas com uma investigação detalhada sobre a ação da N-acetilcisteína na intoxicação por clorpirifós em ratos Wistar. Este primeiro capítulo oferece uma análise abrangente de como este antioxidante pode mitigar os danos causados por um dos pesticidas mais comuns usados na agricultura moderna. Ao utilizar um modelo animal bem estabelecido, este estudo fornece insights valiosos para futuras pesquisas e aplicações clínicas.

Avançando para a fronteira da terapia gênica, o segundo capítulo do livro revisa os recentes avanços nesta área promissora. As desordens genéticas representam um desafio significativo para a medicina moderna, mas a capacidade de corrigir ou substituir genes defeituosos oferece uma nova esperança para condições como fibrose cística e distrofia muscular. Este capítulo não apenas apresenta os sucessos clínicos mais recentes, mas também discute os desafios éticos e práticos que devem ser superados para que essa tecnologia revolucionária beneficie um maior número de pacientes.

O terceiro capítulo mergulha no fascinante mundo da alelopatia e o uso de herbicidas na agricultura. Ao explorar as interações químicas entre plantas e microrganismos, bem como os impactos ambientais dos herbicidas sintéticos, este capítulo destaca a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis. Com uma revisão histórica e uma visão para o futuro, os autores discutem como a alelopatia pode ser utilizada para desenvolver bioherbicidas que promovam uma agricultura mais ecológica.

A integração de ferramentas de ensino inovadoras no currículo escolar é essencial para despertar o interesse dos alunos nas ciências. O quarto capítulo examina como o filme “A Pequena Sereia” pode ser utilizado como um recurso educativo para ensinar sobre o impacto humano nos ecossistemas marinhos. Alinhando-se com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), este capítulo demonstra como a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel pode ser aplicada para conectar novos conhecimentos aos conceitos pré-existentes dos alunos, promovendo uma educação ambiental crítica e duradoura.

Cada capítulo de “Organização Explorando a Vida: Uma Jornada pelas Ciências Biológicas 2” oferece uma contribuição valiosa para o campo das ciências biológicas, abordando questões relevantes e propondo soluções inovadoras. Este livro não só amplia o conhecimento científico, mas também inspira novas pesquisas e práticas que podem melhorar a saúde humana e a sustentabilidade ambiental. Dessa forma, o livro apresenta uma coleção de

capítulos que investigam diversos aspectos das ciências biológicas, oferecendo insights valiosos e aplicáveis em várias áreas de pesquisa e prática.

Viviane Bezerra da Silva
José Weverton Almeida-Bezerra

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

AÇÃO DA N-ACETIL CISTEÍNA NA INTOXICAÇÃO POR CLORPIRIFÓS EM FÍGADO, RIM E PULMÕES DE RATOS *WISTAR*

Bianca Paschoal Toller Garcia
Ana Rosa Crisci
Wilson Roberto Malfará
Thiago Frederico da Silva Costa
Raphael Rian Cabral de Lima

https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410071

CAPÍTULO 2 9

ADVANCEMENTS IN GENE THERAPY FOR GENETIC DISORDERS

Amanda Balbinot Benevides
Ana Beatriz Vedana dos Santos
Danielle Caroline Miranda Cavalcante
Ana Paula Correia Farage
Laura Morgana Arantes Silveira
Gabriela Alves Moreira
Nicoly Maciel Pacheco
Lavínia Chixaro de Sousa Ferreira
Júlio César Ferreira Lopes
Maria Carolina Vieira Almeida
Vinicius Nava de Sales
Isabela Ceni de Oliveira
Aline Rodrigues Tomiyoshi Eler
Danieli Takemura Celloni
Isabela Nunes Costa
Emilli Pietra Jardini
Sâmela Maresca Pascoal de Paulo
João Victor Russo
Rebecca Victória Souza Medeiros
Moisés Ceobaniuc Batista De Oliveira
Anna Luiza Nogueira Dinon
Eduardo Baldin Jaworski

https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410072

CAPÍTULO 3 24

ALLELOPATHY AND HERBICIDES: A COMPREHENSIVE REVIEW

Maria Elizete Machado Generino
Fabio Caboclo Moreira
Maria Jeane Silva Lacerda
José Weverton Almeida-Bezerra
Rafael Pereira da Cruz
Angélica Rodrigues de Souza Costa
Maria Eliana Vieira Figueroa
Rita Helanny Viana Eugênio
Amanda Maria Tavares Moreira

Cicero Dos Santos Leandro
Marcos Aurélio Figueirêdo dos Santos
Maria Arlene Pessoa da Silva
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410073

CAPÍTULO 4 34

A PEQUENA SEREIA COMO MODELO DE ENSINO E APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Gabriel do Nascimento Soares
Gabriela Ribeiro Borges
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410074

CAPÍTULO 5 41

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA
Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara
Diego David Mejía Calderón
Betty Saravia Alcocer
Tomas Joel López Gutiérrez
Baldemar Ake Canché
Román Alberto Pérez Balán
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410075

CAPÍTULO 6 47

CORONA VIRUS AND OUR ENVIRONMENT
Virat Jolli
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410076

CAPÍTULO 7 58

EDUCAÇÃO LÚDICA EM ESCOLA PÚBLICA MODELOS ATÔMICOS: EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA NO ENSINO DE CIÊNCIAS
Wellingthon Coelho de Oliveira
Dhully Mariele Dos Santos Souza
Davi Henrique Trindade Amador
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410077

CAPÍTULO 8 67

GENETIC ANALYSIS AND MOLECULAR PHYLOGENY OF ZIGZAG LEAFHOPPER *MAIESTAS DORSALIS* (MOTSCHULSKY) USING MITOCHONDRIAL COI GENE
B Manurung
A Hasairin
A H Daulae
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410078

CAPÍTULO 9 75

LA FAUNA MEXICANA EN EL PATRIMONIO BIOCULTURAL: EL CASO DEL

VENADO COLA BLANCA (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS*)
Alejandro García Flores
Raúl Valle Marquina
Jose Manuel Pino Moreno
Erika Román Montes de Oca
Juan Manuel Rivas González
https://doi.org/10.22533/at.ed.2572410079

CAPÍTULO 10.....101

PERSPECTIVA Y REALIDAD DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS: ESTUDIO DE CASO EN UNA ESCUELA DEL MUNICIPIO DE GRANITO - PE
Jeovane Henrique de Souza
Ivo Gustavo de Paiva Siqueira
Francisca Neciana Leite Cavacante
José Weverton Almeida-Bezerra
Gabriela Bezerra de Morais
Francisca de Fátima Silva de Sousa
Raquel Furtado dos Santos Moura
Maria Vária Furtado de Sousa
Ademar Maia Filho
Janete de Souza Bezerra
Rosana da Silva Machado
Luiz Marivando Barros
https://doi.org/10.22533/at.ed.25724100710

CAPÍTULO 11 115

DESVENDANDO A RESISTÊNCIA BACTERIANA: PAPEL DAS BOMBAS DE EFLUXO, IMPACTO CLÍNICO E ALTERNATIVAS TERAPÊUTICAS
Rafael Pereira da Cruz
José Weverton Almeida-Bezerra
Viviane Bezerra da Silva
Cicero dos Santos Leandro
Luiz Filipi Teles Feitosa
Janaína de Souza Bezerra
José Walber Gonçalves Castro
Yedda Maria Lobo Soares de Matos
Jácia Santos Oliveira Ramos
Lariza Leisla Leandro Nascimento
Ademar Maia Filho
Maria Hellena Garcia Novais
https://doi.org/10.22533/at.ed.25724100711

SOBRE OS ORGANIZADORES 129

ÍNDICE REMISSIVO 130

CAPÍTULO 1

AÇÃO DA N-ACETIL CISTEÍNA NA INTOXICAÇÃO POR CLORPIRIFÓS EM FÍGADO, RIM E PULMÕES DE RATOS *WISTAR*

Data de aceite: 01/07/2024

Bianca Paschoal Toller Garcia
Centro Universitário Barão de Mauá

Ana Rosa Crisci
Centro Universitário Barão de Mauá

Wilson Roberto Malfará
Centro Universitário Barão de Mauá

Thiago Frederico da Silva Costa
Centro Universitário Barão de Mauá

Raphael Rian Cabral de Lima
Centro Universitário Barão de Mauá

RESUMO: O clorpirifós é um inseticida amplamente utilizado para o controle de pragas em plantações. Apesar de seus benefícios para a agricultura é muito prejudicial para os organismos.Foram utilizados 24 ratos Wistar, fêmeas, pesando aproximadamente 200/250g. Os animais serão mantidos sob condições controladas de temperatura e luz e com acesso livre a alimentação e água. Os animais foram divididos em 4 grupos, com 6 animais em cada grupo. O G1: recebeu salina 2,0 ml/100g de peso; o G2: recebeu 125 ml/Kg de N-Acetil cisteína em salina, G3: recebeu 1 ml/Kg clorpirifós e 125 mg/Kg de N-Acetil cisteína e o G4: recebeu 1 ml/Kg de clorpirifós, por via I.P. a cada 24 horas. Verificou-se a ação do N-acetil cisteína em fígado, rim e pulmões intoxicados por clorpirifós em ratos Wistar. Conclui-se que o tratamento realizado com o N-acetil cisteína foi eficaz, quando comparado com o grupo de animais que não foram tratados com o N- acetil cisteína.

PALAVRAS-CHAVE: clorpirifós, intoxicação, N-acetil cisteína

ABSTRACT: Chlorpyrifos is an insecticide widely used to control pests in crops. Despite its benefits for agriculture, it is very harmful to organisms. 24 female Wistar rats, weighing approximately 200/250g, were used. The animals will be kept under controlled temperature and light conditions and with free access to food and water. The animals were divided into 4 groups, with 6 animals in each group. G1: received saline 2.0 ml/100g of weight; G2: received 125 ml/Kg of N-Acetyl cysteine in saline, G3: received 1 ml/Kg chlorpyrifos and 125 mg/Kg of N-Acetyl cysteine and G4: received 1 ml/Kg of chlorpyrifos, via IP. every 24 hours. The action of N-acetyl cysteine was verified in the liver, kidney and lungs intoxicated by chlorpyrifos in Wistar rats. It is concluded

that the treatment carried out with N-acetyl cysteine was effective when compared to the group of animals that were not treated with N-acetyl cysteine.
KEYWORDS: chlorpyrifos, intoxication, N-acetyl cysteine

INTRODUÇÃO

Segundo Barboza et al. (2018), os pesticidas organofosforados (OFs) têm grande importância para a agricultura mundial, principalmente nas culturas de milho, soja e trigo, pois, além de seu custo ser relativamente baixo, eles têm alta eficiência, porque provocam uma ação neurotóxica devido à inibição da enzima acetilcolinesterase (AChe), responsável pela degradação da acetilcolina, o principal neurotransmissor no sistema nervoso de insetos.

No entanto, esta enzima (Ache) também está presente nos mamíferos, e é responsável por controlar as ações centrais e periféricas do neurotransmissor. No caso de exposição a esses pesticidas, eles inibem de forma irreversível a Ache, e ao fazerem isso, a acetilcolina não é hidrolisada e leva a um acúmulo dela nas sinapses centrais e periféricas, o que promove hiperestimulação colinérgica, e provoca assim broncorreia, convulsões, depressão respiratória, fasciculação muscular e cardíaca e, em alguns casos, pode levar até à morte.

De acordo com Cavalcanti et al. (2016), o tratamento padrão para exposição de organofosforados inclui o uso de atropina (anticolinérgico), oximas (reativadores de AChe), benzodiazepínicos (anticonvulsivantes) e monitoramento contínuo do paciente durante o período do tratamento. Porém existe uma dificuldade de obtenção de um antídoto, e isso gera insegurança em civis expostos a esses pesticidas.

Uma pesquisa realizada por Fernandes, L.C. (2021), em ratos Wistar machos, apontou que a exposição aos organofosforados do tipo Clorpirifós associados ao herbicida Paraquat causa prejuízo tanto na memória social quanto na declarativa, além de causar sinais do tipo ansiogênicos e depressivos. Fora os efeitos cognitivos, os ratos também apresentaram alterações motoras, demonstrado no teste de campo aberto, no qual os animais expostos ao clorpirifós e Paraquat não exploraram o ambiente, ao contrário do grupo controle. A autora sugere que a causa desses efeitos seja uma alteração no hipocampo e que alguns sintomas não foram observados devido a neuroplasticidade.

OBJETIVOS

Analisar os efeitos protetores da N- Acetil cisteína no fígado e rim de ratos *Wistar,* que serão submetidos a uma intoxicação experimental por clorpirifós.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 24 ratos *Wistar,* fêmeas, pesando aproximadamente 200/250g. Os animais serão mantidos sob condições controladas de temperatura e luz e com acesso livre a alimentação e água. Os animais foram divididos em 4 grupos, com 6 animais em cada grupo:

Grupo (G1): salina 2,0 ml/100g de peso por via I.P. a cada 24 horas;

Grupo (G2): 125 ml/Kg de N-Acetil cisteína em salina por via I.P. a cada 24 horas;

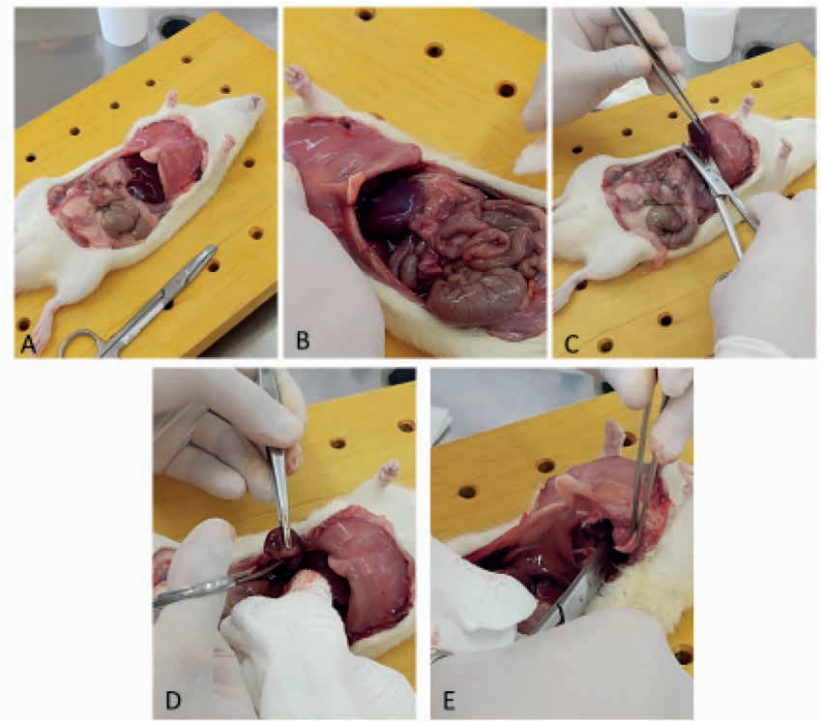
Grupo (G3): 1 ml/Kg clorpirifós e 125 mg/Kg de N-Acetil cisteína por via I.P. a cada 24 horas;

Grupo (G4): 1 ml/Kg de clorpirifós por via I.P. a cada 24 horas.

As doses foram definidas diariamente de acordo com o peso do animal. O tratamento foi realizado durante 15 dias consecutivos.

Durante todo o desenvolvimento experimental as ratas dos quatro grupos tiveram seus pesos corpóreos monitorados.

Ao final do tratamento os animais foram sacrificados de acordo com as normas do CEPan; após o sacrifício será feita laparostomia exploratória para a retirada do rim, posterior pesagem e retirada de fragmentos para técnica hispatológica de rotina.



Em A: laparotomia; Em B: Identificação dos órgãos; Em C: Coleta do fígado; Em D: coleta do rim; Em E: coleta do pulmão.

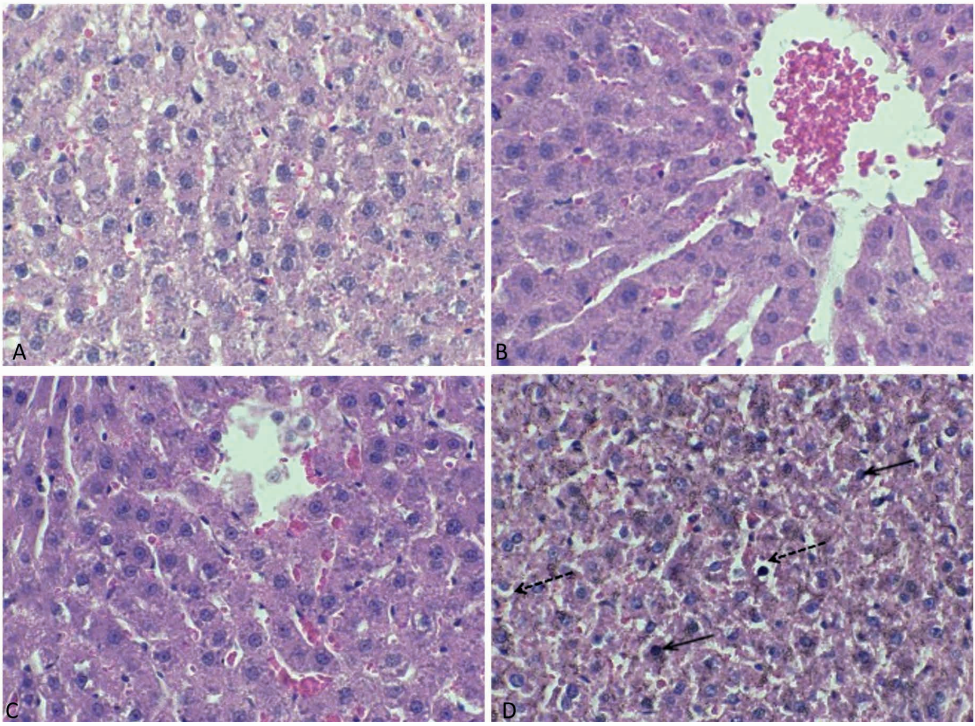
Figura.1: Procedimentos Metodológicos

Fonte: o autor

RESULTADOS HISTOPATOLÓGICOS

Observou-se, na análise histopatológica do fígado de animal do grupo tratado com salina, no grupo tratado com n-acetilcisteína e no grupo intoxicado com clorpirifós e tratado com n- acetilcisteína que o parênquima hepático apresentou-se normal, com aspectos lobulares preservados, cordões de hepatócitos com características também normais (Fig. 2 A, B e C)

No entanto, com o no grupo experimental intoxicado pelo clorpirifós observou-se áreas pouco preservadas com evidente destrabeculação hepatocelular, hepatócitos com núcleos picnóticos (seta preta) (fig.2D), hepatócitos evidenciavam citoplasma vacuolizado (seta pontilhada)



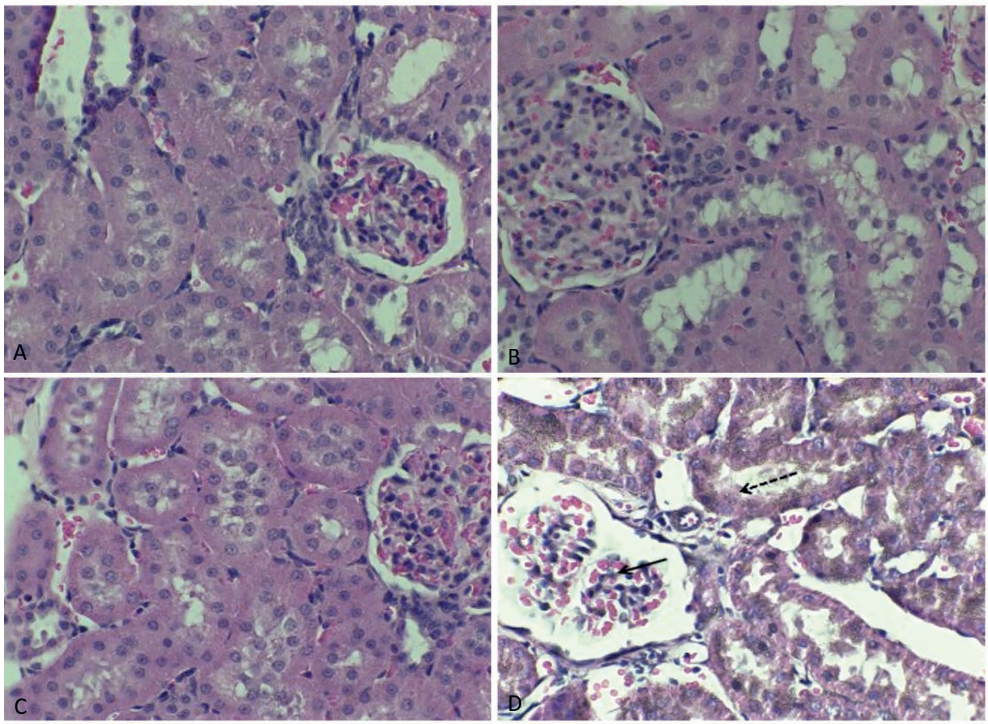
Em A: grupo tratado com salina. Em B: grupo tratado com n- acetilcisteína. Em C: grupo intoxicado pelo clorpirifós e tratado com n- acetilcisteína. Em D: grupo intoxicado pelo clorpirifós.

Fig. 2 Fotomicrografias dos aspectos histopatológicos de figado de rato dos 4 grupos experimentais (H.E.) (40X).

Fonte: o autor

Na análise histopatológica do rim do animal do grupo tratado com salina, no grupo tratado com n-acetilcisteína e no grupo intoxicado com clorpirifós e tratado com n-acetilcisteína, observou-se que o parênquima do córtex renal apresenta aspectos normais, glomérulos renais e estruturas tubulares apresentando núcleos com cromatina finamente granular e homogênea (fig. 3A, B e C).

No grupo experimental intoxicado pelo clorpirifós observou-se o parênquima do córtex renal apresentou áreas túbulos renais apresentando contornos celulares irregulares (seta pontilhada) e glomérulos renais hemorrágicos e atrofiados (seta preta)(fig. 3 D).



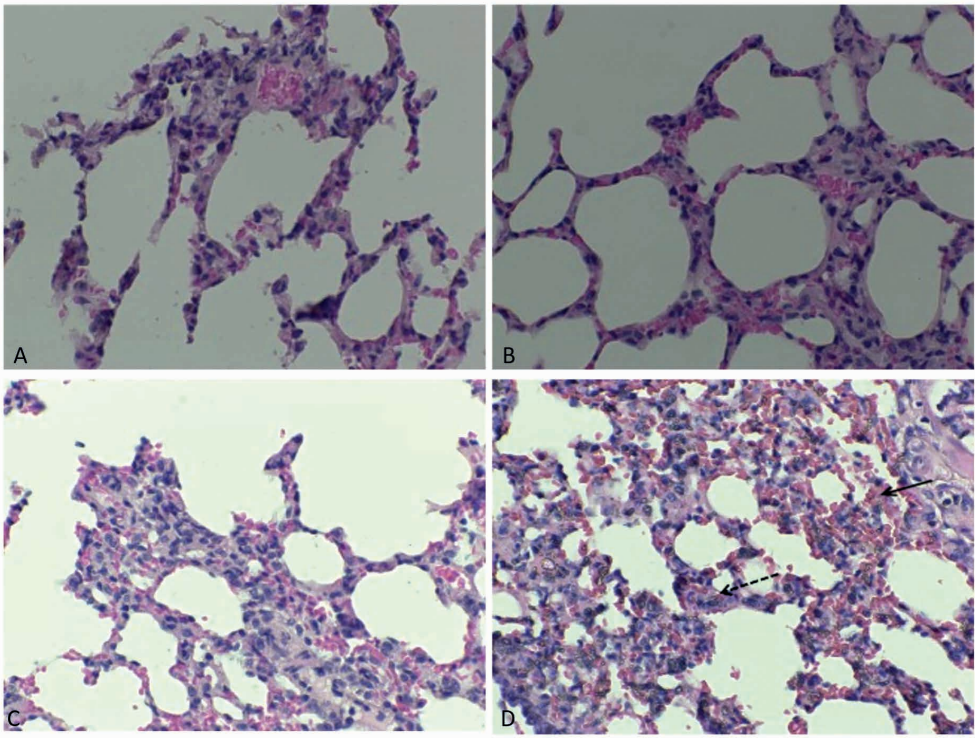
Em A: grupo tratado com salina. Em B: grupo tratado com n- acetilcisteína. Em C: grupo intoxicado pelo clorpirifós e tratado com n- acetilcisteína. Em D: grupo intoxicado pelo clorpirifós.

Fig. 3 Fotomicrografias dos aspectos histopatológicos de rim de rato dos 4 grupos experimentais (H.E.) (40X).

Fonte: o autor

Observou-se, na análise histopatológica do pulmão de animal do grupo tratado com salina, no grupo tratado com n-acetilcisteína e no grupo intoxicado com clorpirifós e tratado com n- acetilcisteína que o parênquima pulmonar apresentou-se normal.

No entanto, com o no grupo experimental intoxicado pelo clorpirifós observou-se áreas pouco preservadas com evidente vascularização, (seta preta) (fig.4 D), uma congestão pulmonar e um espessamento de septos alveolares (seta pontilhada).



Em A: grupo tratado com salina. Em B: grupo tratado com n- acetilcisteína. Em C: grupo intoxicado pelo clorpirifós e tratado com n- acetilcisteína. Em D: grupo intoxicado pelo clorpirifós.

Fig. 4 Fotomicrografias dos aspectos histopatológicos de pulmão de rato dos 4 grupos experimentais (H.E.) (40X).

Fonte: o autor.

DISCUSSÃO

Os organofosforados são uma das classificações dos praguicidas, utilizados em larga escala principalmente nas culturas de soja, milho, café, cevada, entre outros. (PANZIERA, 2020).

Apesar dos benefícios, esses pesticidas são prejudiciais para a saúde humana e animal, pois inibem a enzima acetilcolinesterase (AchE), que “pode ser encontrada no tecido nervoso, junção neuromuscular e nos eritrócitos” (FERNANDES, 2018), e é responsável pela degradação da acetilcolina em colina e acetato e auxilia na contração muscular (BERNARDI, 2018).

A contaminação pelo clorpirifós é simples, pois pode ser ingerido através de água e alimentos contaminados, de acordo com estudos de MACEDO e BONIFÀCIO, inalando ou até em contato direto com a pele (PANZIERA, 2020).

Todavia, o Ministério da Agricultura identificou o clorpirifós, um dos organofosforados mais utilizados, como altamente tóxico (categoria II), podendo danificar o sistema reprodutor de roedores, e reduzir sua capacidade de gerar descendentes (MACEDO, BONIFÀCIO, 2021).

Foi observado que os resultados deste experimento foram condizentes com o estudo de FERNANDES em 2018, no qual foram realizados diversos testes com os ratos e apresentaram resultados semelhantes: em ambos os estudos, os animais dos grupos expostos ao clorpirifós apresentaram alterações comportamentais, e vestígios de depressão.

O experimento realizado por MARTINS em 2018 constatou, também, que a alteração no comportamento dos ratos foi causada pela combinação do Clorpirifós com o Paraquat.

Em relação ao tratamento com o N-acetil cisteína, KHERADMANDI et al em 2019 e OSMAN et al em 2021 notaram que o medicamento pode melhorar significativamente os danos causados pelo clorpirifós ao sistema reprodutor masculino dos ratos, devido à sua proteção antioxidante, observada por KHOVARNAGH e SEYEDALIPOUR em 2021.

Entretanto, logo após a aplicação do N-acetil nos ratos do grupo 3 em nosso estudo, os animais apresentaram comportamento letárgico, que não era esperado. Apesar disso, durante a análise histopatológica do fígado, rins e pulmão destes animais, constatou-se que o tratamento com o medicamento foi eficiente, já que apenas os animais expostos ao inseticida sofreram alterações significativas em seus órgãos.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o tratamento realizado com o N-acetil cisteína foi eficaz, visto que, nas observações histopatológicas de rim, fígado e pulmão dos ratos, é possível notar os órgãos apresentam aspectos normais.

REFERÊNCIAS

BARBOZA, H. T. G. *et al.* Compostos organofosforados e seu papel na agricultura. 2017. **Rev. Virtual Quim**., v. 10, n. 1, p. 172-193, 2018. ISSN 1984-6835. Disponível em: https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/issue/view/59 Acesso em: 05 abr2024.

BERNARDI, J.S. **Diazinon altera a atividade das colinesterases periféricas sem alterar o comportamento de camundongos**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Toxicológica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

CAVALCANTI, L. P. A. N. *et al.* Intoxicação por Organofosforados: Tratamento e Metodologias Analíticas Empregadas na Avaliação da Reativação e Inibição da Acetilcolinesterase. **Rev. Virtual Quim**., v. 8, n. 3, p. 739-766, 2016.

FERNANDES, L.C. **Avaliação Comportamental Frente a Exposição Crônica de Baixas Doses de Paraquat e Associações em Ratos *Wistar* Machos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Fisiopatologia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

HESS, S.C. Brasil, o país campeão no uso de agrotóxicos. In: Hess, Sonia Corina (org.) **Ensaios sobre poluição e doenças no Brasil.** 1 ed. São Paulo: Outras Expressões, 2018. Cap. 5, p. 129-150.

KHEREADMANDI, R. *et al*. Protective effect of N-Acetil cysteine on chlorpyrifos-induced testicular toxicity in mice. **PMC - PubMed Central**, 13(1): 51-56, Jan. 2019. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6334019/. Acesso em: 10 mar 2024

KHOVARNAGH, N.; SEYEDALIPOUR, B. Antioxidant, hispathological and biochemical outcomes of shor-term exposure to acetamiprid in liver and brain of rat: the protective role of N-acetylcysteine and S-methylsteine. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 29, p. 280-289, March 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319016421000311. Acesso em: 10 mar. 2024.

PANZIERA, W. Intoxicação por praguicidas, plantas tóxicas ornamentais e acidentes com animais peçonhentos e venenosos em pequenos animais. In: MATTOS, Mary Jane Tweedie de, MARQUES, Sandra Marcia Tietz (org.) Capacitação para bombeiros da Companhia Especial de Busca e Salvamento – CBMRS: missão com cães. Porto Alegre: UFRGS, 2020. Cap. 4, p. 72-105.

SAHINOZ, E. *et al*. The Protective Effects of Curcumin on Organophosphate Insecticide Chlorpyrifos-Induced Oxidative Stress and DNA Damage in Oncorhynchus mykiss. **Turk. J. Fish and Aquat Sci**. v. 20, n. 3, p. 185-195, 2019.

SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 3., 2018, Juíz de Fora, MG. Agrotóxicos na Bacia hidrográfica do Paraíba do Sul [...]. Juíz de Fora: Universidade Federal de Juíz de Fora, 2018.

MACEDO, D. P. de; BONIFÁCIO, C. M. Os impactos da presença de agrotóxicos em cursos d'água no município de Buri – SP. **UFSCAR**, p. 205-218, out. 2021.

MARTINS, J. G. **Avaliação da exposição a agrotóxicos nos testes de campo aberto e natação forçada**. Orientador: Prof. Dr. Edmar Fernando Miyoshi. Encontro Anual de Iniciação Científica, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

MATEUS, R.C. **Se Somos O Que Comemos, O Que Será De Nós? O Consumo De Agrotóxicos No Brasil E Suas Repercussões Na Saúde Humana.** Orientadora: Profa. Dra. Larissa Mont'Alverne Jucá Seabra. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

CAPÍTULO 2

ADVANCEMENTS IN GENE THERAPY FOR GENETIC DISORDERS

Data de aceite: 01/07/2024

Amanda Balbinot Benevides
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
https://lattes.cnpq.br/8762759516970251

Ana Beatriz Vedana dos Santos
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
https://lattes.cnpq.br/6264303174164874

Danielle Caroline Miranda Cavalcante
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/3021464728928055

Ana Paula Correia Farage
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
https://lattes.cnpq.br/2701621913448688

Laura Morgana Arantes Silveira
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/0027001954474180

Gabriela Alves Moreira
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/3065685412422428

Nicoly Maciel Pacheco
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
https://lattes.cnpq.br/9011128711923902

Lavínia Chixaro de Sousa Ferreira
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/1078890843602534

Júlio César Ferreira Lopes
Acadêmico de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro

Maria Carolina Vieira Almeida
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro

Vinicius Nava de Sales
Acadêmico de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/0030404830344098

Isabela Ceni de Oliveira
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/7343112931985828

Aline Rodrigues Tomiyoshi Eler
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/2365508665130141

Danieli Takemura Celloni
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/4010320339531576

Isabela Nunes Costa
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro

Emilli Pietra Jardini
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/7825360677372139

Sâmela Maresca Pascoal de Paulo
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/0512550615380696

João Victor Russo
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro

Rebecca Victória Souza Medeiros
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/1283904002842539

Moisés Ceobaniuc Batista De Oliveira
Acadêmico de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/2959015566700180

Anna Luiza Nogueira Dinon
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/2080335425828787

Eduardo Baldin Jaworski
Acadêmica de Medicina do Centro Universitário Aparício Carvalho (FIMCA), Porto Velho Ro
http://lattes.cnpq.br/5695019669460558

ABSTRACT: Genetic disorders, caused by mutations in the human genome, present major challenges to healthcare systems worldwide, significantly impacting individuals' quality and life expectancy. This article reviews the efficacy of gene therapy, an innovative approach aimed at correcting or replacing faulty genes, particularly in diseases such as cystic fibrosis and muscular dystrophy. The methodology included analyzing recent clinical studies, which demonstrated significant successes, such as improvements in patients' visual and motor functions. The results highlight the potential of gene therapy to transform the prognosis of these diseases, offering long-term or even permanent solutions. However, despite advancements, challenges like accessibility, equity, and genetic privacy need to be addressed to ensure that all patients can benefit from this transformative technology. It is concluded that gene therapy has immense potential to revolutionize the treatment of genetic disorders, but continuous efforts are needed to overcome ethical and practical barriers.
KEYWORDS: Gene therapy. Genetic disorders. Cystic fibrosis. Muscular dystrophy.

AVANÇOS NA TERAPIA GÊNICA PARA DESORDENS GENÉTICAS

RESUMO: As desordens genéticas, causadas por mutações no genoma humano, representam grandes desafios para os sistemas de saúde globalmente, impactando significativamente a qualidade e a expectativa de vida dos indivíduos. Este artigo revisa a eficácia da terapia gênica, uma abordagem inovadora que visa corrigir ou substituir genes defeituosos, especialmente em doenças como fibrose cística e distrofia muscular. A metodologia incluiu a análise de estudos clínicos recentes, que demonstraram sucessos significativos, como melhorias na função visual e motora dos pacientes. Os resultados destacam o potencial da terapia gênica para transformar o prognóstico dessas doenças, oferecendo soluções duradouras ou até permanentes. No entanto, apesar dos avanços, desafios como acessibilidade, equidade e privacidade genética precisam ser abordados para que todos os pacientes possam se beneficiar dessa tecnologia transformadora. Conclui-se que a terapia gênica possui imenso potencial para revolucionar o tratamento de desordens genéticas, mas é necessário um esforço contínuo para superar barreiras éticas e práticas.
PALAVRAS-CHAVE: Terapia gênica. Desordens genéticas. Fibrose cística. Distrofia muscular.

INTRODUCION

Genetic disorders, stemming from mutations in the human genome, present formidable challenges to healthcare systems worldwide. These disorders, often inherited from one's parents, encompass a broad spectrum of debilitating conditions that profoundly impact individuals' quality of life and life expectancy. Historically, treatment modalities for genetic disorders have been limited, primarily focusing on symptom management rather than addressing the root genetic cause.

However, the landscape of genetic medicine has been transformed in recent decades with the emergence of gene therapy. This innovative approach involves the introduction, alteration, or deletion of genetic material within an individual's cells, aiming to correct or

compensate for the dysfunctional genes underlying the disorder. By targeting the molecular basis of genetic diseases, gene therapy offers the potential for long-term or even permanent solutions.

Among the myriad genetic disorders, cystic fibrosis and muscular dystrophy have emerged as prominent targets for gene therapy research. Cystic fibrosis is a hereditary disease characterized by the accumulation of thick, sticky mucus in the lungs and digestive system, leading to recurrent respiratory infections, digestive complications, and eventual respiratory failure. Muscular dystrophy encompasses a group of genetic disorders characterized by progressive muscle weakness and degeneration, resulting in mobility impairment and, in severe cases, premature mortality.

The urgency of exploring gene therapy for cystic fibrosis and muscular dystrophy is underscored by the profound impact of these conditions on affected individuals and the limited efficacy of existing treatment modalities. Current therapeutic interventions for cystic fibrosis, such as medications and respiratory therapies, primarily focus on symptom management without addressing the underlying genetic defect. Similarly, treatment strategies for muscular dystrophy predominantly involve supportive care measures, with no definitive cure available.

Therefore, the development of effective gene therapy strategies for cystic fibrosis and muscular dystrophy holds immense promise for revolutionizing the prognosis and quality of life for affected individuals. By directly targeting the underlying genetic abnormalities, gene therapy has the potential to arrest disease progression, ameliorate symptoms, and ultimately provide a cure for these devastating disorders.

INTRODUCTION TO GENE THERAPY

Gene therapy is a cutting-edge approach aimed at treating genetic disorders by targeting the underlying genetic cause. At its core, gene therapy involves the delivery of genetic material into a patient's cells to correct or replace abnormal genes. This can be achieved through various techniques, each with its unique mechanisms and applications.

The fundamental principle of gene therapy revolves around the manipulation of genes to restore normal cellular function or introduce new therapeutic capabilities. This typically involves the insertion, modification, or deletion of specific genetic sequences within the genome. By altering the genetic code, gene therapy aims to address the root cause of genetic disorders rather than merely alleviating symptoms.

Gene therapy encompasses a diverse range of approaches, each tailored to address specific genetic disorders and target cell types. One common approach involves the use of viral vectors, such as adeno-associated viruses (AAVs) or lentiviruses, to deliver therapeutic genes into target cells. These vectors are engineered to carry the desired genetic payload and can efficiently infect cells, facilitating gene transfer.

Another approach utilizes non-viral methods, such as naked DNA or lipid nanoparticles, to deliver therapeutic genes into cells. While non-viral vectors may offer advantages in terms of safety and scalability, they often face challenges related to efficiency and long-term gene expression.

Additionally, recent advancements in genome editing technologies, such as CRISPR-Cas9, have revolutionized the field of gene therapy. These tools enable precise modifications to the genome, allowing for targeted gene correction, disruption, or regulation. Genome editing holds immense promise for treating a wide range of genetic disorders by directly modifying disease-causing mutations.

In summary, gene therapy represents a paradigm shift in medicine, offering innovative solutions for addressing genetic disorders at their root cause. By harnessing the power of genetic engineering, researchers and clinicians are paving the way for personalized and curative treatments for previously incurable diseases.

GENETIC DISORDERS

Genetic disorders encompass a wide spectrum of conditions that result from abnormalities in an individual's genetic makeup. These disorders can vary in severity, inheritance patterns, and underlying genetic mechanisms. Understanding the different types of genetic disorders is crucial for developing targeted therapeutic interventions.

MONOGENIC DISORDERS

Monogenic disorders, also known as single-gene disorders, arise from mutations in a single gene. These mutations can be inherited from one or both parents or may occur spontaneously during embryonic development. Monogenic disorders follow predictable patterns of inheritance, such as autosomal dominant, autosomal recessive, or X-linked inheritance.

Examples of monogenic disorders include cystic fibrosis, sickle cell disease, Huntington's disease, and Duchenne muscular dystrophy. These disorders are typically caused by mutations in a specific gene that disrupts its normal function, leading to characteristic clinical features and symptoms.

COMPLEX DISORDERS

In contrast to monogenic disorders, complex disorders arise from interactions between multiple genes and environmental factors. These disorders often exhibit a more complex inheritance pattern and are influenced by a combination of genetic predisposition and environmental triggers.

Common examples of complex genetic disorders include cardiovascular diseases, diabetes, cancer, and neurodegenerative disorders like Alzheimer's disease and Parkinson's disease. While complex disorders may have a genetic component, they are influenced by a variety of environmental factors such as lifestyle choices, diet, exposure to toxins, and socioeconomic factors.

MULTIFACTORIAL DISORDERS

Multifactorial disorders represent a subset of complex disorders that result from a combination of genetic susceptibility and environmental influences. These disorders are characterized by a complex interplay between genetic and non-genetic factors, making them challenging to predict and manage.

Examples of multifactorial disorders include asthma, schizophrenia, autism spectrum disorders, and certain types of birth defects. The risk of developing these disorders is influenced by both genetic variations and environmental exposures, highlighting the importance of a multifaceted approach to diagnosis, treatment, and prevention.

In summary, genetic disorders encompass a diverse range of conditions, from monogenic disorders caused by mutations in a single gene to complex disorders influenced by interactions between multiple genes and environmental factors. Understanding the underlying genetic mechanisms of these disorders is essential for developing targeted therapies and improving patient outcomes.

HISTORY OF GENE THERAPY

The history of gene therapy is marked by significant milestones, reflecting the evolution of scientific understanding, technological advancements, and clinical applications in the field. From pioneering experiments in the lab to transformative breakthroughs in clinical trials, the journey of gene therapy has been characterized by both successes and challenges.

The concept of gene therapy first emerged in the 1960s and 1970s, following landmark discoveries in molecular biology and genetics. Early experiments focused on the transfer of genetic material into cells, laying the groundwork for future gene delivery strategies. In 1972, Paul Berg's recombinant DNA technology paved the way for the manipulation of genes outside the organism's natural environment, opening new avenues for genetic engineering.

One of the earliest attempts at gene therapy occurred in 1980 when Martin Cline conducted a clinical trial aimed at treating thalassemia, a genetic blood disorder, using genetically modified cells. Although the trial was not successful, it demonstrated the feasibility of gene transfer in humans and spurred further research in the field.

The 1990s witnessed the first successful clinical trials of gene therapy, marking a turning point in the field. In 1990, the first gene therapy trial for severe combined

immunodeficiency (SCID) was conducted, resulting in partial immune reconstitution in treated patients. Subsequent trials targeted a variety of genetic disorders, including cystic fibrosis, hemophilia, and cancer, demonstrating the potential of gene therapy as a viable treatment option.

Despite early successes, gene therapy faced significant setbacks in the late 1990s and early 2000s. The death of Jesse Gelsinger in 1999 following a gene therapy trial for ornithine transcarbamylase deficiency highlighted safety concerns and regulatory challenges in the field. This tragic event prompted a reassessment of gene therapy protocols and raised questions about the ethical implications of clinical research.

TECHNOLOGICAL ADVANCES

In the decades that followed, technological advancements, such as the development of safer viral vectors, improved gene delivery systems, and genome editing tools like CRISPR-Cas9, revitalized interest in gene therapy. These innovations have enabled more precise targeting of genetic defects, enhanced therapeutic efficacy, and reduced the risk of adverse events.

In recent years, gene therapy has experienced a resurgence, with several groundbreaking therapies receiving regulatory approval for the treatment of genetic disorders and rare diseases. Examples include Luxturna for inherited retinal dystrophy, Zolgensma for spinal muscular atrophy, and Libmeldy for metachromatic leukodystrophy. These successes underscore the transformative potential of gene therapy in addressing unmet medical needs and improving patient outcomes.

In summary, the history of gene therapy is characterized by a trajectory of discovery, innovation, and perseverance. While the field has faced challenges and setbacks along the way, the continued dedication of researchers, clinicians, and patients has propelled gene therapy forward, unlocking new possibilities for the treatment of genetic disorders.

EMERGING TECHNOLOGIES IN GENE THERAPY

Advancements in gene therapy are continuously driven by the development and refinement of innovative technologies. These emerging tools hold the promise of enhancing the precision, efficiency, and safety of gene-based interventions, ultimately expanding the therapeutic landscape for genetic disorders. Here's an overview of some key emerging technologies shaping the future of gene therapy:

CRISPR-Cas9 technology has revolutionized the field of gene editing by enabling precise modifications to the genome with unprecedented ease and efficiency. Derived from a bacterial immune system, CRISPR-Cas9 functions as a molecular scissors that can target specific DNA sequences and induce precise alterations, such as gene knockout, insertion,

or correction. This versatile tool has vast potential for treating a wide range of genetic disorders by directly editing disease-causing mutations at the DNA level.

Viral vectors have long been used as vehicles for delivering therapeutic genes into target cells in gene therapy. Recent advancements in viral vector design and engineering have led to the development of safer, more efficient vectors with enhanced targeting capabilities and reduced immunogenicity. Adeno-associated viruses (AAVs) and lentiviruses are among the most commonly used viral vectors in gene therapy due to their ability to efficiently infect a wide range of cell types and mediate long-term gene expression. These viral vectors serve as essential tools for delivering therapeutic genes to target tissues and organs, thereby enabling effective gene replacement or correction.

Ex vivo gene therapy involves the modification of patient cells outside the body followed by their reintroduction into the patient, offering a powerful approach for treating genetic disorders. In ex vivo gene therapy, patient cells, such as hematopoietic stem cells or T cells, are isolated and genetically modified in the laboratory using gene editing or viral vector-mediated gene transfer techniques. These modified cells are then expanded and reintroduced into the patient, where they can exert therapeutic effects. Ex vivo gene therapy has shown promise in the treatment of inherited disorders, such as severe combined immunodeficiency (SCID) and certain types of cancer, by enabling precise genetic modifications and enhancing the therapeutic potential of patient-derived cells.

Advancements in delivery systems are critical for overcoming barriers to effective gene therapy, such as immune responses, off-target effects, and limited tissue penetration. Researchers are exploring novel delivery strategies, including lipid nanoparticles, polymer-based carriers, and cell-penetrating peptides, to enhance the delivery of therapeutic genes to target tissues while minimizing systemic toxicity and immunogenicity. These next-generation delivery systems hold the potential to improve the efficacy, safety, and scalability of gene therapy, thereby expanding its clinical utility and therapeutic impact.

In summary, emerging technologies such as CRISPR-Cas9 genome editing, viral vector gene therapy, ex vivo gene therapy, and next-generation delivery systems are driving significant advancements in the field of gene therapy. These innovative tools offer new avenues for treating genetic disorders with unprecedented precision, efficiency, and safety, heralding a new era of personalized medicine and transformative therapies for patients worldwide.

CLINICAL STUDIES AND RESULTS

Clinical studies play a pivotal role in evaluating the efficacy and safety of gene therapy interventions for specific genetic disorders, providing crucial insights into their therapeutic potential and real-world applicability. Here's an overview of recent clinical studies highlighting the promising results achieved in the field of gene therapy:

Luxturna (voretigene neparvovec) is an adeno-associated viral (AAV) vector-based gene therapy approved for the treatment of inherited retinal dystrophy caused by mutations in the RPE65 gene. Clinical trials have demonstrated the efficacy of Luxturna in improving visual function and retinal sensitivity in patients with biallelic RPE65 mutation-associated retinal dystrophy. Long-term follow-up studies have shown sustained improvements in visual acuity and mobility, underscoring the enduring benefits of this gene therapy approach.

Zolgensma (onasemnogene abeparvovec) is a gene therapy approved for the treatment of spinal muscular atrophy (SMA), a severe neuromuscular disorder caused by mutations in the SMN1 gene. Clinical trials have shown that a single administration of Zolgensma can significantly improve motor function and survival in infants with SMA, including those with the most severe form of the disease (SMA Type 1). Long-term follow-up data have demonstrated sustained motor milestones and survival benefits, highlighting the transformative impact of gene therapy on the natural history of SMA.

Libmeldy (autologous CD34+ cells transduced with lentiviral vector encoding human arylsulfatase-A) is a lentiviral vector-based gene therapy approved for the treatment of metachromatic leukodystrophy (MLD), a rare lysosomal storage disorder caused by mutations in the ARSA gene. Clinical trials have shown that Libmeldy can effectively slow the progression of neurological decline and preserve motor and cognitive function in patients with early-onset MLD. Long-term follow-up studies have demonstrated durable clinical benefits and stabilization of disease progression, offering hope to patients and families affected by this devastating disorder.

Several clinical trials are underway to evaluate the safety and efficacy of gene therapy for hemophilia, a bleeding disorder caused by deficiencies in clotting factors. Preliminary results from these trials have shown promising outcomes, including sustained expression of clotting factors, reduced bleeding episodes, and decreased reliance on exogenous factor replacement therapy. Gene therapy holds the potential to transform the management of hemophilia by providing long-term prophylaxis and improving the quality of life for patients with this chronic condition.

In summary, recent clinical studies have demonstrated the efficacy and safety of gene therapy in patients with specific genetic disorders, offering hope for the development of effective treatments and potential cures. These promising results underscore the transformative potential of gene therapy in addressing unmet medical needs and improving outcomes for patients with genetic disorders.

CHALLENGES AND ETHICAL CONSIDERATIONS

As gene therapy continues to evolve and expand, it faces a myriad of challenges and ethical considerations that must be carefully addressed to ensure equitable access, uphold patient rights, and navigate complex ethical dilemmas. Here's a discussion of current challenges and ethical considerations related to gene therapy, including issues of accessibility, equity, and genetic privacy:

ACCESSIBILITY

One of the foremost challenges facing gene therapy is ensuring equitable access to these innovative treatments for all patients, regardless of their socioeconomic status, geographic location, or insurance coverage. The high cost of gene therapy, including research and development expenses, manufacturing costs, and reimbursement challenges, poses significant barriers to access for many patients, particularly those in underserved communities or regions with limited healthcare resources. Addressing these accessibility barriers requires collaborative efforts among stakeholders, including policymakers, healthcare providers, pharmaceutical companies, and patient advocacy groups, to develop sustainable pricing models, expand insurance coverage, and increase access to affordable gene therapies for those in need.

EQUITY

Equity considerations are paramount in the ethical implementation of gene therapy, ensuring that all individuals have fair and equal opportunities to benefit from these transformative treatments. However, disparities in access to healthcare services, genetic testing, and specialized care can exacerbate existing inequities and widen the gap between privileged and marginalized populations. It is essential to address these disparities through targeted outreach, education, and community engagement initiatives that promote inclusivity, diversity, and cultural competency in gene therapy research, clinical practice, and policy development. Additionally, efforts to enhance diversity in clinical trials and ensure representation of diverse populations are critical for generating robust evidence and developing gene therapies that are effective and safe for all patients.

GENETIC PRIVACY

The increasing use of genetic information in gene therapy raises important concerns regarding patient privacy, data security, and genetic discrimination. Genetic data is inherently sensitive, containing personal and familial information that could be exploited or misused if not adequately protected. Safeguarding genetic privacy requires robust data protection measures, informed consent processes, and transparent policies governing the collection, storage, and use of genetic information in research and clinical practice. Additionally, efforts to educate patients about their rights, risks, and options for genetic privacy protection are essential for empowering individuals to make informed decisions about their genetic data and participate in gene therapy research and treatment with confidence.

In summary, addressing the challenges and ethical considerations associated with gene therapy requires a multifaceted approach that prioritizes accessibility, equity, and genetic privacy while advancing the development and implementation of innovative treatments for genetic disorders. By fostering collaboration, transparency, and accountability across the healthcare ecosystem, we can ensure that gene therapy realizes its full potential as a transformative tool for improving human health while upholding the principles of justice, fairness, and respect for individual autonomy.

FUTURE PERSPECTIVES

The future of gene therapy holds tremendous promise for revolutionizing the treatment of genetic disorders, driving innovation in personalized medicine, and integrating gene therapy with complementary therapeutic modalities. Here's a vision of future perspectives in gene therapy, including the potential for treating an even wider range of genetic disorders, advances in treatment personalization, and the integration of gene therapy with other therapeutic modalities:

EXPANDED TREATMENT SCOPE

As our understanding of genetics and disease mechanisms continues to advance, gene therapy is poised to expand its treatment scope to encompass a broader spectrum of genetic disorders. Beyond monogenic disorders, gene therapy holds potential for addressing complex and multifactorial conditions, such as cardiovascular diseases, neurodegenerative disorders, and autoimmune diseases. Emerging technologies, such as genome editing and RNA-based therapies, offer new avenues for targeting disease-causing mutations, modulating gene expression, and correcting underlying genetic abnormalities. By leveraging these innovative approaches, gene therapy can extend its reach to previously untreatable disorders, offering hope to millions of patients worldwide.

ADVANCEMENTS IN TREATMENT PERSONALIZATION

Personalized medicine is at the forefront of future developments in gene therapy, enabling tailored treatments that are customized to each patient's unique genetic makeup, disease characteristics, and therapeutic needs. Advances in genomic sequencing, biomarker discovery, and patient stratification techniques are driving the development of precision gene therapies that target specific genetic mutations or disease pathways with high precision and efficacy. By integrating genetic information, clinical data, and patient preferences, clinicians can optimize treatment selection, dosing regimens, and follow-up care, maximizing therapeutic outcomes and minimizing risks for individual patients. Personalized gene therapy holds the promise of improving treatment response rates, reducing adverse effects, and enhancing overall patient satisfaction and quality of life.

INTEGRATION WITH COMPLEMENTARY THERAPEUTIC MODALITIES

Gene therapy is increasingly being integrated with other therapeutic modalities, such as cell therapy, immunotherapy, and regenerative medicine, to create synergistic treatment approaches with enhanced efficacy and durability. Combinatorial strategies that combine gene therapy with cell-based interventions, such as stem cell transplantation or adoptive T-cell therapy, offer complementary mechanisms of action and complementary benefits, such as enhanced tissue repair, immune modulation, and disease regression.

Additionally, gene therapy can be combined with conventional treatments, such as chemotherapy or radiation therapy, to improve treatment response rates, overcome resistance mechanisms, and reduce treatment-related toxicity. By harnessing the complementary strengths of different therapeutic modalities, integrated treatment approaches hold the potential to transform the landscape of disease management and unlock new therapeutic possibilities for patients with a wide range of medical conditions.

In summary, the future of gene therapy is bright and full of promise, with the potential to revolutionize the treatment of genetic disorders, advance the field of personalized medicine, and integrate with other therapeutic modalities to create synergistic treatment approaches. By harnessing the power of innovation, collaboration, and interdisciplinary research, we can realize the full potential of gene therapy as a transformative tool for improving human health and addressing unmet medical needs in the years to come.

CONCLUSION

In conclusion, gene therapy represents a transformative approach to treating genetic disorders, offering hope to patients and families affected by these devastating conditions. Throughout this article, we have explored various aspects of gene therapy, including its principles, applications, challenges, and prospects. Here's a summary of the key points discussed, along with an overview of the ongoing impact and expectations for the future of gene therapy in the field of genetic disorders:

KEY POINTS ADDRESSED

- **Introduction to Gene Therapy:** Gene therapy involves the delivery of genetic material into cells to correct or replace abnormal genes, offering a promising approach for treating genetic disorders.
- **Types of Genetic Disorders:** Genetic disorders range from monogenic disorders caused by mutations in a single gene to complex disorders influenced by multiple genes and environmental factors.
- **Historical Perspective:** The history of gene therapy is marked by significant milestones, successes, and challenges, reflecting the evolution of scientific understanding and technological advancements in the field.
- **Emerging Technologies:** Advances in technologies such as CRISPR-Cas9 genome editing, viral vector gene therapy, and ex vivo gene therapy are driving significant progress in the field, enabling precise, efficient, and targeted interventions for genetic disorders.
- **Clinical Studies and Results:** Recent clinical studies have demonstrated the efficacy and safety of gene therapy in treating specific genetic disorders, leading to regulatory approvals and transformative outcomes for patients.
- **Challenges and Ethical Considerations:** Gene therapy faces challenges related to accessibility, equity, and genetic privacy, highlighting the need for collaborative efforts to address disparities and uphold ethical principles.
- **Future Perspectives:** The future of gene therapy holds promise for treating a wider range of genetic disorders, advancing treatment personalization, and integrating with other therapeutic modalities to create synergistic approaches with enhanced efficacy and durability.

Ongoing Impact and Future Expectations: Gene therapy continues to have a profound impact on the field of genetic disorders, offering new possibilities for treatment and management. As technology advances and our understanding of genetics deepens, we can expect gene therapy to play an increasingly prominent role in personalized medicine, providing tailored treatments that address the unique genetic characteristics of each patient. Furthermore, the integration of gene therapy with other therapeutic modalities holds promise

for unlocking new treatment strategies and improving outcomes for patients with a variety of medical conditions. Despite the challenges ahead, the future of gene therapy is bright, with the potential to transform the lives of millions of individuals affected by genetic disorders and pave the way for a healthier, more equitable future.

In conclusion, gene therapy holds immense promise as a transformative tool for addressing unmet medical needs and advancing the treatment of genetic disorders. By embracing innovation, collaboration, and ethical principles, we can harness the full potential of gene therapy to improve human health and shape the future of medicine.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, A., & MITTAL, R. (2022). Gene Therapy: Recent Advancement and Challenges. ***Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology.*** https://doi.org/10.9734/ajbgmb/2022/v10i330244.

ANGUELA, X., & HIGH, K. (2019). Entering the Modern Era of Gene Therapy.. ***Annual review of medicine***, 70, 273-288 . https://doi.org/10.1146/annurev-med-012017-043332.

BULAKLAK, K., & GERSBACH, C. (2020). The once and future gene therapy. ***Nature Communications***, 11. https://doi.org/10.1038/s41467-020-19505-2.

CHEN, W., HU, Y., & JU, D. (2020). Gene therapy for neurodegenerative disorders: advances, insights and prospects. ***Acta Pharmaceutica Sinica****. B*, 10, 1347 - 1359. https://doi.org/10.1016/j.apsb.2020.01.015.

CLAYTON, E., HALVERSON, C., SATHE, N., & MALIN, B. (2018). A systematic literature review of individuals' perspectives on privacy and genetic information in the United States**. *PLoS ONE*,** 13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204417.

GAO, Y., LIU, X., CHEN, N., YANG, X., & TANG, F. (2023). Recent Advance of Liposome Nanoparticles for Nucleic Acid Therapy. ***Pharmaceutics,*** 15. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15010178.

GOSWAMI, R., SUBRAMANIAN, G., SILAYEVA, L., NEWKIRK, I., DOCTOR, D., CHAWLA, K., CHATTOPADHYAY, S., CHANDRA, D., CHILUKURI, N., & BETAPUDI, V. (2019). Gene Therapy Leaves a Vicious Cycle. ***Frontiers in Oncology***, 9. https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00297.

MATHARU, N., & AHITUV, N. (2020). Modulating gene regulation to treat genetic disorders. ***Nature Reviews Drug Discovery***, 1-19. https://doi.org/10.1038/s41573-020-0083-7.

MILLER, A., & TUCKER, C. (2018). Privacy Protection, Personalized Medicine, and Genetic Testing. ***Manag. Sci.***, 64, 4648-4668. https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2858.

NALDINI, L. (2015). Gene therapy returns to centre stage. ***Nature,*** 526, 351-360. https://doi.org/10.1038/nature15818.

PAN, X., VERONIAINA, H., SU, N., SHA, K., JIANG, F., WU, Z., & QI, X. (2021). Applications and developments of gene therapy drug delivery systems for genetic diseases. ***Asian Journal of Pharmaceutical Sciences***, 16, 687 - 703. https://doi.org/10.1016/j.ajps.2021.05.003.

PENA, S., IYENGAR, R., ESHRAGHI, R., BENCIE, N., MITTAL, J., ALJOHANI, A., MITTAL, R., & ESHRAGHI, A. (2020). Gene therapy for neurological disorders: challenges and recent advancements. ***Journal of Drug Targeting,*** 28, 111 - 128. https://doi.org/10.1080/1061186X.2019.1630415.

SALAMEH, J., ZHOU, L., WARD, S., CHALARCA, C., EMRICK, T., & FIGUEIREDO, M. (2019). Polymer-mediated gene therapy: Recent advances and merging of delivery techniques.. ***Wiley interdisciplinary reviews. Nanomedicine and nanobiotechnology***, e1598 . https://doi.org/10.1002/wnan.1598.

SHAHRYARI, A., BURTSCHER, I., NAZARI, Z., & LICKERT, H. (2021). Engineering Gene Therapy: Advances and Barriers. ***Advanced Therapeutics*, 4.** https://doi.org/10.1002/adtp.202100040.

SUNG, Y., & KIM, S. (2019). Recent advances in the development of gene delivery systems. ***Biomaterials Research***, 23. https://doi.org/10.1186/s40824-019-0156-z.

CAPÍTULO 3

ALLELOPATHY AND HERBICIDES: A COMPREHENSIVE REVIEW

Data de submissão: 06/06/2024 *Data de aceite: 01/07/2024*

Maria Elizete Machado Generino
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/0777413376782312

Fabio Caboclo Moreira
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
https://lattes.cnpq.br/1372375588097799

Maria Jeane Silva Lacerda
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE

José Weverton Almeida-Bezerra
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/5570296179611652

Rafael Pereira da Cruz
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/3675589918865790

Angélica Rodrigues de Souza Costa
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/4238899399296199

Maria Eliana Vieira Figueroa
Pernambuco State Secretariat
http://lattes.cnpq.br/9551086188725906

Rita Helanny Viana Eugênio
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/6009566964850424

Amanda Maria Tavares Moreira
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/2371233987733428

Cicero Dos Santos Leandro
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/7323619730656059

Marcos Aurélio Figueirêdo dos Santos
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/8643818710205791

Maria Arlene Pessoa da Silva
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/3836224227922749

ABSTRACT: This article comprehensively reviews the field of allelopathy, addressing its historical evolution, contemporary definitions, and practical applications. It begins with an analysis of the ancient origins of allelopathy, dating back to observations

from the 5th century BC until its formalization as a concept in the 20th century. The processes of production and release of allelochemicals by plants are explored, highlighting the mechanisms involved and their impacts on interactions between plants and microorganisms. Furthermore, the use of herbicides in agriculture is examined, with an emphasis on atrazine and its environmental implications and weed resistance. Finally, the future prospects of allelopathy are discussed, especially the potential of bioherbicides to promote more sustainable agricultural practices. This article contributes to the general understanding of allelopathy and its role in modern agriculture by highlighting promising research areas for developing more effective and environmentally responsible weed control strategies.
KEYWORDS: Plant-microorganism, Bioherbicides, Weeds, Allelochemicals.

ALELOPATIA E HERBICIDAS: UMA REVISÃO ABRANGENTE

RESUMO: Este artigo revisa abrangentemente o campo da alelopatia, abordando sua evolução histórica, definições contemporâneas e aplicações práticas. Inicia-se com uma análise das origens antigas da alelopatia, remontando às observações do século V a.C. até sua formalização como conceito no século XX. São explorados os processos de produção e liberação de aleloquímicos pelas plantas, destacando os mecanismos envolvidos e seus impactos nas interações entre plantas e microrganismos. Além disso, examina-se o uso de herbicidas na agricultura, com ênfase na atrazina e suas implicações ambientais e na resistência de plantas daninhas. Por fim, são discutidas as perspectivas futuras da alelopatia, especialmente o potencial dos bioherbicidas para promover práticas agrícolas mais sustentáveis. Este artigo contribui para o entendimento geral da alelopatia e seu papel na agricultura moderna, destacando áreas de pesquisa promissoras para o desenvolvimento de estratégias de controle de plantas daninhas mais eficazes e ambientalmente responsáveis.
PALAVRAS-CHAVE: Planta-microrganismo, Bioherbicidas, Plantas daninhas, Aleloquímicos.

INTRODUCTION

Allelopathy is seen as an influence, positive or negative, between plants from allelochemicals produced in various parts of them. Allelochemicals originate from secondary metabolism and their production is regulated by several environmental factors, such as temperature, light intensity, availability of water and nutrients, soil texture and microorganisms present (CHOU; KUO, 1986; CARMO et al., 2007).

Weeds have the ability to inhibit the development of other plants, and bring several losses to commercial crops, leading farmers to use synthetic herbicides to combat them, such as the herbicide atrazine, which according to Mendonça (2014), is widely used in several annual and perennial crops, such as corn, sugar cane, sorghum, coffee, cocoa, bananas, tea, pineapple, rubber trees and sisal.

Even though this chemical control implies several losses, such as soil and water pollution, risk to human health, resistance in weed species. An alternative that has been studied, with the purpose of complementing traditional management methods, minimizing the use of herbicides, is the allelopathic action, inherent to several plant species, which

through the release of substances (allelochemicals) poses fewer risks to human health. and the environment combined with the growing demand for healthy food products free from pesticide residues (CORRÊA; SALGADO, 2011).

Thus, the growing desire to reduce the use of synthetic chemical inputs in the sustainability of production systems and the conservation of natural vegetation, as they represent a biological alternative with specific action and less harmful to the environment (TUR et al., 2010).

REVIEW

Allelopathy: history and concept

Although allelopathy is a recent science, the first record of an allelopathic effect was reported in the 5th century BC by Democritus, who referred to the inhibitory action caused by some plants on others (ALMEIDA, 1985). Later, Theophatus (300 BC), a disciple of Aristotle, observed that *Cicer arietinum* L. (chickpea) did not allow other plants to establish themselves in the soil, in addition to affecting the development of invasive plants (RICE, 1984).

Pliny, in the 1st century AD, reported the negative effects of *Juglans nigra* and *J. regia* on the development of seedlings cultivated in their proximity (VYVYAN, 2001). And a Japanese document, written about 300 years ago, demonstrated evidence of probable allelopathic effects attributed to *Pinus densiflora* Siebold & Zucc. (FERREIRA; AQUILA, 1999).

In 1882, De Candolle theorized that plant roots had, in addition to the function of absorption, that of excretion, and their excrement would be poisonous to plants of the same species, genus or family, but at the end of the 19th century his theory was challenged and abandoned (MANO, 2006). In 1909, work produced by Shorey proved for the first time the existence of toxins in soils previously cultivated and left fallow (ALMEIDA, 1990).

Despite all the evidence of a phenomenon that caused certain plants in the presence of others to not reproduce through the germination of their seeds or not to develop their seedlings, it was only in 1937 that the term “allelopathy” was created by the German researcher Hans Molisch, with the combination of the Greek words “allélon” and “pathos”, which respectively mean mutual and harm. According to Molisch, allelopathy is “the ability of plants to produce chemical substances that, when released into the environment of others, influence their development favorably or unfavorably” (FERREIRA; AQUILA, 2000).

One of the most accepted definitions for allelopathy is attributed to the International Allelopathy Society (IAS), which considers the phenomenon as “the science that studies processes involving secondary metabolites produced by plants, algae, bacteria and fungi that influence the growth and development of agricultural systems and biological” (MACÍAS et al., 2007). Being characterized as a new science that becomes more important every day in most developed countries (MACÍAS et al., 2006).

Allelochemicals are produced by the secondary metabolism of plants and are responsible for the transmission of information between plants, in addition to acting in interactions between plant-plant, plant-insect and plant-microorganism (BOGATEK; GNIAZDOWSK; ZAKRZEWSKA, 2006). There are several classes of secondary metabolites found in plants, such as flavonoids, alkaloids, tannins, phenols, among others.

Production and means of release of allelochemicals

The production and accumulation of allelochemicals can occur in different parts of the plant such as: root, stem, leaf, flower and fruit, with a tendency for accumulation in the leaves (SOUZA FILHO et al. 2009). The release of these secondary compounds occurs through processes such as root exudation, leaching, volatilization and waste decomposition.

In root exudation, a large number of allelopathic compounds are released into the surrounding rhizosphere and can act directly or indirectly on plant-plant interactions and the action of microorganisms (INDERJIT; DAKSHINI, 1992; 1994). Putnam (1983) reports that exudation can also occur from the fruits.

In leaching, chemical substances are removed from the aerial parts and roots of living or dead plants by the action of rainwater, dew or fog (ALVES, 1992). In volatilization aromatic compounds are volatized from leaves, flowers, stems and roots, and can be absorbed by other plants such as carbon dioxide (CO2), ammonia (NH3), ethylene and terpenoids (INDERJIT; DAKSHINI, 1992; 1994).

In the decomposition of residues, parts of the plant fall to the soil and, through the action of microorganisms and climatic conditions, they release allelochemical substances (MALHEIROS; PERES, 2001). According to Almeida, Zucolotoz and Zetum (2008), this type of process allows the release of a large number of compounds that impose toxicity on neighboring microorganisms, such as cyanogenic glycosides, phenolic acids, agropyrenes, coumarins and flavonoids.

Allelopathic compounds, after being released, can cause direct or indirect effects on other plants. Direct effects are characterized by changes in the plant's metabolism and growth, affecting: cytological and ultrastructural structures; hormones, both by altering their concentrations and the balance between different hormones; membranes and their permeability; absorption of minerals; stomatal movement, pigment synthesis and photosynthesis; breathing; protein synthesis; enzymatic activity; water relations and driving; genetic material, inducing changes in DNA. Indirect effects include changes in soil properties, interfering with the absorption of nutrients, as well as the population and activity of microorganisms (PIRES; OLIVEIRA, 2001).

The procedures used to evaluate the allelopathic activities inherent to different species are bioassays, in which global parameters such as germination, growth and development of seedlings or adult plants and more specific parameters can be evaluated, such as the activity of some physiological processes, such as , for example, photosynthesis, respiration and chlorophyll content (SOUZA-FILHO; ALVES, 2002).

Use of herbicides and consequences

With the increasing advancement of agriculture, mainly due to its important participation in the economy of many countries, several methods are used so that large-scale production occurs without much damage, including chemical methods. In chemical control, the use of herbicides is used with the purpose of inhibiting the development and/or causing the death of weed plants, however, this method must be associated with other control practices, the most important being cultural control (SILVA et al., 2002).

A herbicide can be defined as any chemical product that kills or inhibits the development of weeds (LORENZI, 1990). They are applied in convenient doses directly to the vegetation for foliar absorption (post-emergence treatment), or to the soil for absorption by tissues formed after seed germination before the plant emerges on the surface (pre-emergence treatment) (BLANCO, 2008). The doses of herbicides normally recommended on labels are established by manufacturers at high levels to ensure efficient control of species over a wide range of management and environmental conditions (DEVLIN et al., 1991).

However, the application of these compounds, depending on the active ingredient or formulation, the dose used, the microorganisms present and their sensitivity to the different products (ROYUELA et al., 1998), the climatic conditions and the type of soil (SILVA et al. , 2003), can bring undesirable consequences.

In addition to damaging human health, current herbicides have caused changes in the populations of invasive species, increasing resistance to these compounds and causing a risk of environmental contamination (OLOFSDOTTER; MADSEN 2000; DUKE et al. 2000). Problems of weed resistance to herbicides emerged in the 1980s, with the development and repetitive use, over several years, of highly efficient and selective products, contributing to the selection of weeds resistant to them (CARVALHO, 2004). Ohmes and Kendig (1999) distinguish two ways in which resistance can arise in a population: mutation through the intensity of recurrent selection, which changes a susceptible population to a resistant population, generation after generation; and preexistence of genes in the population.

In addition to inducing resistance, herbicides can alter the physicochemical properties of water and soil. Ahmad and Malloch (1995) report a reduction of up to 40% in the bacterial population of a soil, creating a biological void and thus increasing the availability of nutrients for soil-dwelling phytopathogens, causing a significant increase in the incidence of diseases.

The herbicide Atrazine

Atrazine (2-chloro-4-(ethylamino)-6-(isopropylamino)-s-triazine), a pre- and post-emergent herbicide with low reactivity and solubility, is an important representative of the triazine group. Herbicides in this group comprise around 30% of global pesticide production (CABRAL et al., 2003). S-triazines normally have a heterocyclic ring with six members, whose C and N atoms are symmetrically located (PACAKOVA; STULIK; JISKRA,1996). Atrazine is a contact herbicide, absorbed by leaves and roots and acts by inhibiting photosystem II of photosynthesis, blocking the flow of electrons, leading to the production of excess singlet oxygen, which results in the destruction of chlorophyll lipids (PRESTON; MALLORY- SMITH, 2001).

It is indicated for the annual control of weeds in a wide variety of crops, with 500 g L-1 of active ingredient, including corn, sugar cane, sorghum and pine. Its residues and metabolites can be found in soils and groundwater after a long period of application (COUTINHO, 2006), with its average lifespan varying from 20 to more than 100 days.

Bioherbicides and allelopathy

Most allelopathic substances come from secondary metabolism, because in the evolution of plants they represented some advantage against the action of microorganisms, viruses, insects, and other pathogens or predators, either by inhibiting their action or by stimulating the growth or development of plants (WALLER, 1999).

Given the growing global concern about the preservation and conservation of the environment and the use of oil, the raw material for some herbicides, the proposal to introduce bioherbicides as a way to combat weeds is growing every year. Thus, allelopathy is configured as a research area of great importance, as it allows the search for substances of plant origin with bioherbicide attributes for the control of invasive plants in agriculture, reducing or eliminating environmental contamination, preserving natural resources and ensuring the supply of quality products (SOUZA FILHO; ALVES, 2002).

Several species have the potential to be used as bioherbicides, such as *Dieffenbachia picta* Schott (Apocynaceae), considered toxic because its leaves contain cardiotoxic glycosides called oleandrin and neriantin (BARG, 2004), it has negative allelopathic activity on seeds of *Lactuca sativa* and *Bidens pilosa* (HOFFMANN et al., 2007). Oats, due to phenolic, ferulic, coumaric, syringic, vanillic and p-hydroxybenzoic acids (GUENZI; MCCALLA, 1966; GUENZI; MCCALLA; NORSTADT, 1967) and scopoletin (FAY; DUKE, 1977) have a negative effect on germination and the development of undesirable seedlings. *Leucaena leucocephala* (leucena) mulch has weed control properties, due to the presence of allelochemicals in the aerial part of the plant (BUDELMAN, 1988). Among these substances, the allelopathic potential of leucaena is mainly attributed to the allelochemical mimosine.

Sorghum bicolor L. (sorghum), due to its recognized allelopathic action, has been used in intercropping systems in an attempt to reduce the use of chemical herbicides (SANTOS et al., 2012). One of its compounds, sorgoleone, acts by inhibiting photosynthesis (CZARNOTA et al., 2001; YANG et al., 2004). It also plays a role in mitochondrial electron transport, interfering with the activity of H^+-ATPase and also in the capture of water from the soil (HEJL; KOSTER, 2004; DAYAN et al., 2009).

CONCLUSIONS

In short, allelopathy emerges as a promising and sustainable alternative in weed control, mitigating the negative impacts associated with the excessive use of synthetic herbicides. Understanding the mechanisms of production and release of allelochemicals by plants, combined with advances in bioherbicide research, stands out as an effective approach for the integrated management of invasive plants. The use of plant species with allelopathic potential, as a source of bioherbicides, not only contributes to the preservation of the environment and natural resources, but also promotes sustainable agricultural production, in line with the growing demand for healthy foods free from pesticide residues. In this context, allelopathy represents an important resource for modern agriculture, offering innovative solutions that are less harmful to the environment.

REFERENCES

AHMAD, I.; MALLOCH, D. Interaction of soil microflora with the bioherbicide phosphinothricin. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 54, n. 3, p. 165-174, 1995.

ALMEIDA, A. R. P. A defesa das plantas: alelopatia. **Ciências Hoje**, v. 11, n. 62, p. 38-45, 1990.

ALMEIDA, F. S. Influência da cobertura morta na biologia do solo. **A Granja**, São Paulo, v. 4, n. 451, p. 52-67, 1985.

ALMEIDA, G. D; ZUCOLOTOZ, M; ZETUM, M. C. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **Revista Facultad Nacional de Agronomia Medillín**, v. 61, p. 4237-4247, 2008.

ALVES, C. A. Interações alelopáticas entre plantas daninhas e hortaliças. Simpósio: Manejo integrado de plantas daninha em hortaliças, **Botucatu**, p. 19-43, 1992.

BARG, D. G. **Plantas tóxicas. Instituto Brasileiro De Estudos Homeopáticos**. Monografia (Graduação em Ciências da Saúde) - Faculdade de Ciências da Saúde de São Paulo, São Paulo, 2004.

BLANCO, F. M. G. Manejo das plantas daninhas na cultura de batata. **Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 1, p. 19-24, 2008.

BOGATEK, R; GNIAZDOWSK, A; ZAKRZEWSKA, S. W. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination on seedling growth. **Biologia Plantarum**, v. 50, n.1, p. 156-158, 2006.

BUDELMAN, A. The performance of the leaf mulches of *Leucaena leucocephala*, *Flemingia macrophylla* and *Gliricidia sepium* in weed control. **Agroforestry Systems**, v.6, p.137-145, 1988.

CABRAL, M. F.; SOUZA, D.; ALVES, C. R.; MACHADO, S. A. S. Estudo do comportamento eletroquímico do herbicida ametrina utilizando a técnica de voltametria de onda quadrada. **Eclética Química**, v. 28, n. 2, p. 41-47, 2003.

CARMO, F. M. S.; BORGES, E. E. L.; TAKAKI, M. Allelopathy of Brazilian sassafras (*Ocotea odorifera* (Vell.)) Rohwer aqueous extracts. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 697-705, 2007.

CARVALHO, J. C. **Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas**. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Campinas: HRAC-BR, p. 23-48, 2004.

CHOU, C. H.; KUO, Y. L. Allelopathic research of subtropical vegetation in taiwan. III. Alelopathic exclusion of understrory by Leucaena leucocephala (Lam.). **Journal Chemical Ecology**, v. 12, p. 1431-1448, 1986.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.13, n.4, p.500-506, 2011.

COUTINHO, C. et al. Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.15, n.10, p. 61-72, 2006.

CZARNOTA, M.A. et al. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sor¬goleone: a potent PSII inhibitor in *Sorghum spp.* root exudates. **Weed Technology**, v.15, p.813-825, 2001.

DAYAN, F. E.; HOWELL, J. L.; WEIDENHAMER, J. D. Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. **Journal of Experimental Botany**, v.60, n.7, p.2107-2117, 2009.

DEVLIN, D. L.; LONG, J. H.; MADDUX, L. D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (Glycine max). **Weed Technology**, v.5, p.834-840, 1991.

DUKE, S.; DAYAN, R.; ROMAGNI, J.; RIMANDO, A. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. **Weed Research**, v. 40, p.99-111, 2000.

FAY, P. K.; DUKE, W. B. An Assessment of Allelopathic Potential in Avena Germplasm. **Weed Science**, v.5, p.224-228, 1977.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia**. In: VII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, DF. Laboratório de Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Brasília, 1999.

FERREIRA, A. G; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.175-204, 2000.

GUENZI, W. D.; MCCALLA, T. M. Phenolic Acids in Oat, Wheat, Sorghum, and Corn Residues and Their Phytotoxity. **Agronomy Journal**, v.58 p. 303-304, 1966.

GUENZI, W. D.; MCCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and Persistence of Phytotoxic Substances in Wheat, Oat, Corn, and Sorghum Residues. **Agronomy Journal**, v.59, p.163-165, 1967.

HEJL, A. M.; KOSTER, K. L. The allelochemical sorgoleone inhibits root H+-ATPase and water uptake. **Journal of Chemical Ecology**, v.30, n.11, p.2181-2191, 2004.

HOFFMANN, C. E. F. et al. 2007. Atividade alelopática de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 1, p. 11-21, 2007.

INDERJIT.; DAKSHINI, K. M. M. Interference potencial o *Pluchea lanceolata* (Asteraceae): growth and physiological responses of asparagus bean, Vigna unguiculata var. sesquipedalis**. American Journal of Botany**, v. 79, p. 977-981, 1992.

INDERJIT; DAKSHINI, K. M. M. Allelopathic effect of *Pluchea lanceolata* (Asteraceae) on characteristics of four soils and tomato and mustard growth. **American Journal of Botany**, v. 81, p. 799-804, 1994.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa-SP. 3ª ed. Editora Plantarum, 339 p, 1990.

MACÍAS, F. A. et al. Bioactive steroids from *Oryza sativa* L. **Steroids**, v. 71, p. 603-608, 2006.

MACÍAS, F. A. et al. Review: allelopathy: a natural alternative for weed control. **Pest Management Science**, v. 63, p. 327-348, 2007.

MALHEIROS, A. **Estudos químicos, farmacológicos e alelopáticos das espécies *Drimys angustifolia* e *Drimys brasiliensis* (Winteraceae).** Tese (Doutorado em Química Orgânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MANO, A. R. O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (Amburana cearensis S.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MENDONÇA, J. E. Atrazina, um veneno à solta no mundo. **Planeta Sustentável**. Disponível em: http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/planeta-urgente/atrazina-um-veneno-a-solta-no-campo/. Acesso: 20 jan. 2014.

OHMES, G. A.; KENDIG, J. A. Inheritance of an ALScross- resistant common cocklebur (Xanthium strumarium) biotype. **Weed Technology**, v. 13, n. 1, p. 100-103, 1999.

OLOFSDOTTER, M.; MADSEN, B. E. Herbicide resistant rice (*Oryza sativa* L.): global implication for weedy rice and weed management. **Annals of Applied Biology**, v. 137, p. 279-295, 2000.

PACAKOVA, V.; STULIK, K.; JISKRA, J. High-performance separations in the determination of triazine herbicides and their residues. **Journal Chromatography A**, v. 754, n. 1-2, p. 17-31, 1996.

PIRES, N. M. et al. Efeito do estrato aquoso de leucena sobre o desenvolvimento, índice mitótico, e atividade da peroxidase em plântulas de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.55-65, 2001.

PRESTON, C.; MALLORY-SMITH, C. A. **Biochemical Mechanisms, Inheritance, and Molecular Genetics of Herbicide Resistance in Weed**. In: STHEPHEN, B. P.; DALE, L. S. Herbicide Resistance and World Grain. Boca Raton: CRC, 2001. p. 34-76.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2 ed. New York: Academic Press. 1984. 422 p.

ROYUELA, M. Imazethapyr inhibition of acetolactate synthase in Rhizobium and its symbiosis with pea. **Pesticide Science**, v. 52, p. 372-380, 1998.

SANTOS, I. L. V. L. et al. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, n.1, p.135-144, 2012.

SILVA, A. A. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, módulo 3, 2003. 260p.

SILVA, A. A.; WERLANG, R. C.; FERREIRA, L. R. **Controle de plantas daninhas em pastagens**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJOESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. Simpósio...Viçosa: UFV, 2002. p. 279 -310.

SOUZA FILHO, A. P. S et al. Análise comparativa do potencial alelopático do extrato hidroalcoólico e do óleo essencial de folhas de cipó-d´alho (Bignoniaceae). **Plantas Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 647-653, 2009.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

TUR, C. M.; BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de Duranta repens sobre a germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Biotemas**, v. 2, n. 23, p. 13-22, 2010.

VYVYAN, J. R. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. **Tethahedron**, v. 58, p. 1631-1646, 2001.

WALLER, G. R.; FEUG, M. C.; FUJII, Y. **Biochemical analysis of allelopathic compounds: plants, microorganisms, and soil secondary metabolites**. In: INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M.; FOY, C.L. (Eds.) Principles and practices in plant ecology. Boca Raton, CRC Press, p.75-98, 1999.

YANG, X.; SCHEFFLER, B.E.; LESLIE, A. Weston SOR1, a gene associated with bioherbicide production in sorghum root hairs. **Jornal of Experimental Botany**, v.55, n.406, p.2251-2259, 2004.

CAPÍTULO 4

A PEQUENA SEREIA COMO MODELO DE ENSINO E APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Data de submissão: 05/06/2024 *Data de aceite: 01/07/2024*

Gabriel do Nascimento Soares
Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
http://lattes.cnpq.br/2719829185813664

Gabriela Ribeiro Borges
Mestranda do Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
http://lattes.cnpq.br/3570800958531114

RESUMO: O cinema, desde sua invenção pelos irmãos Lumière em 1895, tornou-se uma forma de arte amplamente popular e influente. A animação, um dos ramos mais inovadores do cinema, teve marcos importantes como “El Apóstol” (1917) e “Peludópolis” (1930), ambos de Quirino Cristiani. Max e Dave Fleischer também foram pioneiros, criando personagens icônicos como o gato Félix e Betty Boop, que impulsionaram a animação no mercado comercial. “Branca de Neve e os Sete Anões” (1937) revolucionou a animação com novas técnicas e um sucesso monumental de bilheteria. “A Pequena Sereia” (1989) marcou um renascimento da animação Disney, ganhando prêmios e revitalizando o interesse do estúdio pela animação. Utilizando a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) para o 7º Ano em Ciências da Natureza, este trabalho explora como cenas de “A Pequena Sereia” podem ser usadas para discutir o impacto humano nos ecossistemas marinhos e promover a análise crítica de consciência ambiental. A abordagem integra a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, relacionando novos conhecimentos aos prévios dos alunos, e visa promover uma aprendizagem duradoura e conscientização ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Pequena Sereia; Aprendizagem Significativa; Disney; Cinema.

THE LITTLE MERMAID AS A TEACHING AND LEARNING MODEL FOR SCIENCE EDUCATION

ABSTRACT: Since its invention by the Lumière brothers in 1895, cinema has become a widely popular and influential art form. Animation, one of the most innovative branches of cinema, had important milestones such as 'El Apóstol' (1917) and 'Peludópolis' (1930), both by Quirino Cristiani. Max and Dave Fleischer were also pioneers, creating iconic characters such as Felix the cat and Betty Boop, who propelled animation into the commercial market. 'Snow White and the Seven Dwarfs' (1937) revolutionised animation with new techniques and a monumental box office success. 'The Little Mermaid' (1989) marked a renaissance for Disney animation, winning awards and revitalising the studio's interest in animation. Using the National Common Curriculum Base (BNCC) for Year 7 in Natural Sciences, this work explores how scenes from 'The Little Mermaid' can be used to discuss the human impact on marine ecosystems and promote critical analysis and environmental awareness. The approach integrates Ausubel's theory of meaningful learning, relating new knowledge to students' prior knowledge, and aims to promote lasting learning and environmental awareness.
KEYWORDS: Little Mermaid; Meaningful Learning; Disney; Cinema.

INTRODUÇÃO

Em 1895, os irmãos Lumiére na França inventou o cinema, no qual se tornou uma ampla manifestação lúdico- artísticas na sociedade, popularizando por todo mundo, cativando todas as classes sociais da sociedade, tornando-se um marco central cultural. (YASHINISHI, 2020).

O primeiro longa-metragem de animação foi produzido na argentina conhecido como El Apóstol em 1917 por Quirino Cristiani e posteriormente em 1930 ele ressurge trazendo o primeiro longa-metragem de animação sonoro intitulado Peludópolis. (INSTITUTO CLARO, 2013).

Grandes nomes da animação foram os irmãos Max e Dave Fleischer que em seu currículo possui a criação dos personagens gato Félix em 1920 e a Betty Boop em 1930 que expandiu as fronteiras da animação para o mercado comercial, como o de brinquedos, alavancando os personagens de animação naquele momento. (INSTITUTO CLARO, 2013).

O filme a branca de neve e os sete anões provocou uma grande mudança na arte cinematográfica no âmbito das animações, desde a elaboração de novas técnicas de animação a marcos estrondosos de bilheterias, ultrapassando a casa de arrecadação dos 6,8 milhões de dólares, apenas no mercado americano, se consolidando em maio 1939 o maior filme americano com maior arrecadação. Após o final da temporada de 39 o filme já havia exibido por mais de 49 países e traduzido para 10 línguas. (LUCENA JUNIOR, 2011; ALMEIDA, 2017 apud GLAUBER, 2016).

A pequena sereia foi o 28º filme de animação produzido pela Disney e ganhou prêmios como Academy Awards, como melhor trilha sonora e canção com under the sea. Em seu lançamento os críticos equipararam o mesmo com os grandes clássicos da Disney,

desde o último lançado a 30 anos antes da animação intitulado como a bela e a fera. A pequena sereia atingiu o estúdio de animação a renovar seu interesse pela animação, marcando um novo interesse pela produtividade e criatividade. (ARKOFF,2008).

A pequena sereia é encantada com o mundo humano, desrespeitando as ordens de seu pai de não explorar o mundo humano/ superfície. Após salvar o príncipe de seus sonhos de uma tempestade furiosa e sua curiosidade de explorar o mundo/ se tornar humana, Ariel fecha um acordo com a Úrsula, maliciosa bruxa do mar e troca sua barbatana e sua voz por um par de pernas. Na companhia de seus amigos, linguado e Sebastião, ela precisa ganhar o amor do príncipe e salvar o reino do seu pai, tudo isso em uma corrida desenfreada contra o tempo. (DISNEY +, 2023).

O ensino de ciências por meio de filmes elucida experimentos que poderiam ser feitos com riscos em sala de aula, fenômenos, passagens de tempo como a evolução e decomposição dos seres vivos, mas nem todos os filmes sozinhos podem atingir esse objetivo e requer a ação do professor de mediador desse conteúdo, para elucidar seus objetivos na sala de aula e conta com a interação professor – aluno para atingir o objetivo proposto pelo docente. (FELICIANO, 2014).

A teoria da aprendizagem significativa é vidrada na ideia de que a aprendizagem é mais eficaz quando os novos conhecimentos são relacionados ao conhecimento prévio do aluno. (Ausubel et al,1980; Ausubel, 2003).

Baseado no aprendizado através de filmes e seus trechos juntando com a aprendizagem significativa de Ausebel, esse trabalho busca demonstrar maneiras de utilizar fragmentos do filme a pequena sereia de 1989, a fim de estimular a análise crítica de consciência ambiental na disciplina de ciências do ensino fundamental.

METODOLOGIA E DISCUSSÃO

Baseado na Base Nacional Curricular Comum na área de Ciências da Natureza do 7º Ano, os recortes do filme serão utilizados para abranger o **(EF07CI08)**.

(EF07CI08) Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc.

Figura 01: Base Nacional Curricular Comum do 7º Ano.

Fonte: BRASIL, 2018.

Para uma abordagem do docente através com os discentes do ensino fundamental o professor deve abordar sobre o filme com os estudantes para fazer a interação professor/ aluno, trazendo seus conhecimentos prévios do filme, como a cena do tubarão e a música aqui no mar que serão utilizadas de maneiras explicativas no decorrer desse trabalho.

* Todas as Cenas Citadas Tem em cortes Disponíveis no Youtube.

O Impacto do Homem nos Ecossistemas Marinhos. Um recorte através de figuras/ ou fragmento do filme elucidando a poluição ambiental dos oceanos

A cena que resulta esse título ocorre na minutagem 06:01 – 09:00. Nessa cena é possível observar um navio naufragado no fundo do mar, mesmo a cena a Ariel querendo explorar o navio abondando para recuperar objetos para sua coleção, o professor em sala de aula pode abordar sobre o naufrágio e o impacto ambiental que os navios no fundo do oceano causam na biodiversidade local e os resíduos tóxicos que os mesmos liberam nos mares. Além do navio, essa cena quando eles fogem do tubarão, eles se salvam por uma âncora que o tubarão fica preso, demostrando mais uma vez o impacto do ser humano da biodiversidade marítima. Figura 02 A e B

A

B

Figura 2: **A:** Cena da Embarcação com a Ariel e seu Amigo Linguado explorando o Naufrágio Abandonado. **B:** Tubarão Preso com âncora com os destroços do Naufrágio.

Fonte: DISNEY (Brasil) - A pequena Sereia 1989.

Aqui no Mar uma análise crítica do homem em relação ao comportamento das espécies marinhas

A letra traduzida dessa música cantada pelo Sebastião começa da minutagem 29:18 – 32:17.

Um trecho da música no qual será trabalhado será anexado abaixo, mas essa música o professor de ciências consegue por meio da interdisciplinaridade fazer relações com outras disciplinas como a de história, além de se trabalhar o contexto do respeito do consumo de espécies marinhas, a retirada de seus habitats naturais e a pescaria.

¨ Um peixe vive contente
Aqui debaixo do mar
E o peixe que vai pra terra
Não sabe onde vai parar

Às vezes, vai pra um aquário
O que não é ruim de fato
Mas quando o homem tem fome
O peixe vai para o prato (não!)

Vou lhe contar
Aqui no mar
Ninguém nos segue
Nem nos persegue pra nos fritar
Se os peixes querem ver o Sol
Tomem cuidado com o anzol
Até o escuro é mais seguro
Aqui no mar (aqui no mar)¨

Além da música ter vários pontos que estimulam o pensamento crítico dos discentes para ser trabalhado em sala de aula e faz as conexões com as disciplinas, imagens como anzóis voando e os animais segurando podem ser observados nessa música e a relação peixe- prato colocada na canção. Figura 03 A e B.

A

B

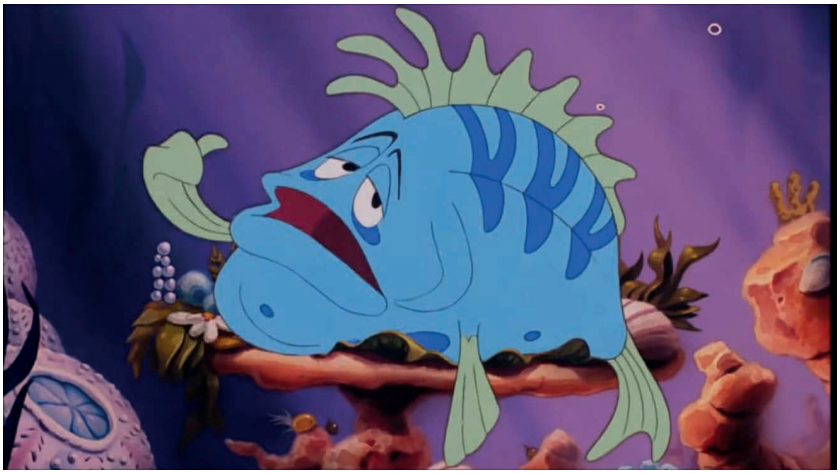


Figura 03: **A:** Sebastião Segurando um Anzol. **B:** Relação Peixe Prato

Fonte: DISNEY (Brasil) - A pequena Sereia 1989.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino por meio de Filmes é uma estratégia já utilizada no meio da ciência, mas utilizando um filme já conhecido por fazer parte da infância dos discentes e agora com o live- action lançado em 2023, refresca a memória e faz a integração com a Teoria da aprendizagem significativa, pegando os conceitos que os discentes já possuem e o conhecimento prévio, possibilitando a ligação com o conteúdo programático da BNCC e ainda elucida a teoria de Vygotsky, no qual após o aprendizado da sala de aula os alunos irão repassar essas informações com outros estudantes e responsáveis, espalhando o conhecimento, obtendo uma alta aprendizagem significativa e marcando essa atividade em sala de aula para o resto de suas vidas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mariana Silva de. **O ETERNO CLÁSSICO: BRANCA DE NEVE, HISTÓRIA E RECORTE DO PASSADO, REFERÊNCIA E INFLUÊNCIA DO PRESENTE**. 2017. 125 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Moda, Instituto de Artes e Design, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/12197. Acesso em: 17 out. 2023.

ARKOFF, V. How Stuff Works - Como funciona a Disney Princess. 2008. Disponível em: <**http://criancas.hsw.uol.com.br/filme-princesa-disney2.htm**>. Acesso em: 18/10/2023.

Ausubel, D.; Novak, J. e Hanesian, H. (1980**). Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana.

Ausubel, D. (2003). **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano.

"BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018."

DISNEY + (Brasil). **A pequena Sereia - 1989**. 2023. Disponível em: https://www.disneyplus.com/pt-br/movies/a-pequena-sereia/5MpPFhS8FTXh. Acesso em: 18 out. 2023.

FELICIANO, Alessandra Valadares. **O USO DO FILME EDUCATIVO EM CIÊNCIAS NATURAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL**. 2014. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, Faculdade Unb Planaltina, Planaltina, 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/9711/1/2014_AlessandraValadaresFeliciano.pdf. Acesso em: 18 out. 2023.

INSTITUTO CLARO (Brasil). **História da Animação**. Disponível em: https://www.institutoclaro.org.br/educacao/nossas-novidades/opiniao/historia-da-animacao/. Acesso em: 17 out. 2023.

LUCENA JÚNIOR, Alberto. **Arte da Animação**: Técnica e Estética Através da História. 3. ed. São Paulo: SENAC, 2011.

YASHINISHI, Bruno José. Relação Cinema-História. **Em Tempo de Histórias**, [S.L.], v. 1, n. 37, p. 408-422, 3 dez. 2020. Biblioteca Central da UNB. http://dx.doi.org/10.26512/emtempos.v1i37.31465. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/emtempos/article/download/31465/28120/90374. Acesso em: 17 out. 2023.

CAPÍTULO 5

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Data de aceite: 01/07/2024

Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara
Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Diego David Mejía Calderón
Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Betty Saravia Alcocer
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Campeche, México

Tomas Joel López Gutiérrez
Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Baldemar Ake Canché
Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Román Alberto Pérez Balán
Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

RESUMEN: Existen diferentes tipos de contaminación: la atmosférica, de suelo, de cuerpos de agua, et., pero de igual forma hay un tipo que es poco conocida por la gente: la contaminación acústica. Los peligros por contaminación acústica actualmente están identificados como un gran problema a resolver por la salud ambiental ya que son las formas de energía potencialmente nocivas hacia el ambiente. Para medir un sonido (ruido) se debe tener en cuenta tres magnitudes importantes relacionadas con su agresividad: intensidad, frecuencia y duración. Este se mide en decibeles El oído medio con el tímpano y la cadena de huesecillos, que funciona a modo de amplificador, aquí existen unos pequeños músculos que en situaciones de ruido intenso se contraen dando rigidez a la cadena de huesecillos provocando serios problemas. El organismo reacciona de una manera defensiva frente al ruido. También se pueden dar afecciones al medio ambiente, por ejemplo, el impacto del ruido humano en los ecosistemas de los mares y océanos es extremadamente alto. Existen numerosas fuentes que contribuyen al ruido urbano. El primer lugar lo ocupa sin duda la circulación vehicular, particularmente los vehículos de transporte público, las

motos, camiones y en menor medida los autos. La contaminación acústica es un tipo de problema ambiental muy grave que poca gente conoce, esto si lo comparamos a otros tipos de contaminación como los de suelo, aire y agua.

INTRODUCCIÓN

La contaminación es una problemática ambiental muy grave en nuestra sociedad actual, representando uno de los grandes desafíos de la humanidad para revertirla. Existen diferentes tipos de contaminación: la atmosférica, de suelo, de cuerpos de agua, et., pero de igual forma hay un tipo que es poco conocida por la gente: la contaminación acústica.

Los peligros por contaminación acústica actualmente están identificados como un gran problema a resolver por la salud ambiental ya que son las formas de energía potencialmente nocivas hacia el ambiente, resultando con una peligrosidad inmediata o gradual de adquirir un daño cuando se transfiere en cantidades elevadas a individuos que están en exposición. La liberación de energía física puede ser súbita y no controlada como un ruido fuerte explosivo o mantenido y más o menos bajo control como en las condiciones de trabajo con la exposición a largo plazo a niveles inferiores de ruido constante (PCC,2016, Vélez, 2011).

Este tipo de contaminación se asemeja mucho al crimen perfecto: el contaminante acústico no deja residuos sólidos, líquidos o gaseosos. Se encuentra constituido por sonidos simples y complejos cuya base es una magnitud física de naturaleza ondulatoria que se desplaza por un medio elástico. Las ondas Sonoras se generan en una fuente por la vibración de una superficie que se encuentra en contacto con el medio de propagación (Esteban, 2003).

El ruido es un sonido desagradable y molesto, por niveles no necesariamente altos que son potencialmente nocivos para el oido y el bienestar psíquico. Como termino simple, es un sonido no deseado (Rodríguez 2012)

MEDICIÓN

Para medir un sonido (ruido) se debe tener en cuenta tres magnitudes importantes relacionadas con su agresividad. En primer lugar se encuentra la intensidad, es decir, su nivel que está asociado a la cantidad de energía empleada para generarlo, que se mide en decibeles; la frecuencia de exposición al ruido y la duración del mismo (García, 2014).

Los parámetros meramente acústicos no sirven por sí solos para evaluar el impacto del ruido, pues la medición de una energía acústica no significa casi nada si no se pone en relación con su traducción biológica (Sanz AND Gorrido, 2003). En este sentido, es la posibilidad de que el ruido ambiental provoque efectos negativos sobre la salud y los ecosistemas ambientales.

EFECTOS EN LA SALUD

El oído medio con el tímpano y la cadena de huesecillos, que funciona a modo de amplificador, aquí existen unos pequeños músculos que en situaciones de ruido intenso se contraen dando rigidez a la cadena de huesecillos, esto provoca una mayor dificultad en el paso del sonido desde el oído externo al interno. Es un mecanismo de protección que desgraciadamente no funciona igual de bien en todas las personas (Taboada, 2007).

El organismo reacciona de una manera defensiva frente al ruido. Las interconexiones sinápticas de las vías auditivas en el sistema reticular ascendente y en el hipotálamo son la base de uno de nuestros sistemas más básicos de alerta ante el peligro: el ruido, y la reacción del organismo ante una situación de peligro es poner en marcha toda una cadena de procesos hormonales y fisiológicos que nos preparan.

Entre los efectos fisiológicos que se generan con este tipo de contaminación se relacionan principalmente con los problemas auditivos como la sordera temporal o irreversible, aunque también se pueden apreciar otros efectos relacionados con la capacidad auditiva. Entre otras se encuentra el efecto máscara que se produce cuando un sonido impide la percepción total o parcial de otros sonidos, lo cual puede resultar nefasto cuando perturba la recepción de mensajes necesarios para evitar riesgos y accidentes o para realizar correctamente un trabajo, comprende, además de impedimentos auditivos, incremento de la presión sanguínea, vasoconstricción, cambios en la respiración, arritmia e isquemia cardíaca, hipertensión, resistencia vascular periférica, cambios en la viscosidad y lípidos en la sangre, cambios en el balance electrolítico, cambios hormonales, etc. (Gonzáles AND Calle, 2015).

FUENTES

Existen numerosas fuentes que contribuyen al ruido urbano. El primer lugar lo ocupa sin duda la circulación vehicular, particularmente los vehículos de transporte público, las motos, camiones y en menor medida los autos. Luego están las fábricas, en particular las metalúrgicas, embotelladoras, carpinterías, et., los equipos auxiliares como sistemas de aire acondicionado, grupos electrógenos, compresores y sistemas de bombeo. Seguido de los lugares de esparcimiento, particularmente los de espectáculos, como confiterías bailables, discotecas, cines y estadios deportivos, salas de juegos electrónicos, bares y restaurantes (Miyara, 1995).

Otras fuentes de ruidos son las escuelas, en específico las aulas, patios y gimnasios. Por otra parte, los niveles con que se escucha la música en las fiestas y actos infantiles son, cuando menos, exageradamente elevados. Asimismo, muchos juguetes infantiles como pitos, cornetas, matracas, juguetes electrónicos que emiten algunos sonidos y algunos juguetes mecánicos, producen sonidos inconvenientemente intensos para los pequeños.

La intensidad de ruido se indica mediante una escala de referencia de entre 10 y 130 dB (decibeles).

- 10 a 40 dB: ruidos ligeros (murmullo del viento en las ramas, desierto, interior tranquilo).
- 40 a 60 dB: ruidos soportables (oficina tranquila, conversación a nivel normal).
- 60 a 80 dB: ruidos molestos (calle muy animada, televisión, comedor).
- 80 a 100 dB: ruidos agotadores a peligrosos (paso de un tren, música muy alta).
- 100 a 130 dB: ruidos peligrosos a dolorosos (umbral del dolor, taller de caldera, martillo neumático, motor de avión a reacción en tierra).

Los efectos de una acústica deficiente son numerosos y perjudiciales para la salud de las personas que acuden a esos lugares y nuestra sociedad toma conciencia de la importancia del bienestar acústico y de las consecuencias negativas para la salud (Acoustic Lab, 2021).

La exposición a ruido en el trabajo está demostrado que es perjudicial para la salud de los trabajadores, siendo el efecto más conocido la pérdida de audición. Sin embargo, también puede aumentar el estrés y multiplicar un riesgo de sufrir un accidente laboral.

Se enlistan los efectos más conocidos en el ámbito de trabajo:

- Disminución de la capacidad auditiva: es causada por un bloqueo mecánico de la transmisión del sonido al oído interno.

- Pérdida de audición provocada por el ruido: es el que se denomina hipoacusia y que está incluido dentro del cuadro de enfermedades profesionales. Esta pérdida suele ser producida por exposiciones prolongadas a ruidos intensos, y sus consecuencias son irreversibles (Młyński, 2015).

EFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS

También se pueden dar afecciones al medio ambiente, por ejemplo, el impacto del ruido humano en los ecosistemas de los mares y océanos es extremadamente alto. Aproximadamente el 90% de los estudios constan daños significativos en mamíferos marinos como ballenas, focas y delfines, mientras que hasta el 80% informa impactos en peces e invertebrados. Los culpables son prácticamente todas las fuentes ruido. Hay hallazgos por los sonidos producidos por los barcos, el sonar, los sonidos sintéticos, etc., (CESUMA, 2024).

Desorientación, estrés, dificultades para comunicarse e incluso el abandono temporal de nidos son algunos de los problemas que vive la biodiversidad ante la contaminación acústica y que pueden llegar a alterar gravemente el equilibrio de los ecosistemas (RTVE noticias, 2023).

La persistencia del ruido también acarrea problemas a largo plazo para este tipo de fauna. Puede suceder que los animales eviten directamente las zonas con mucha contaminación acústica y desaparezcan de allí. Esto tiene como consecuencias más serias porque contribuye al gran problema de la fragmentación del hábitat que al mismo tiempo está conduciendo a la grave crisis de biodiversidad que estamos experimentando en la actualidad.

El problema del ruido en las ciudades, se puede resolver a partir de la integración de la contaminación acústica como política de protección ambiental, gestionar la normatividad existente en materia de ruido, construcción de vías rápidas, gestionar y construir rutas de autobuses o sistema subterráneo eléctrico en el marco de una política integral de ordenamiento del transporte público, construir estacionamientos estratégicos, vigilancia y evaluación permanente de personas expuestas a altos niveles de ruido (Figueroa et. al. 2010).

Cuando se avanza en regulación urbana en la ciudad se toma en cuenta la calidad acústica como un indicador de la sostenibilidad urbana que se relaciona de forma directa con el ordenamiento del territorio (Rizzo et. al. 2011, Orozco, 2015).

En síntesis, la contaminación acústica es un tipo de problema ambiental muy grave que poca gente conoce, esto si lo comparamos a otros tipos de contaminación como los de suelo, aire y agua. Este puede ser cuantificado y medido en diversas escalas, pero al mismo tiempo se puede relacionar con el entorno, generando problemáticas en la salud de las personas, alteraciones en los animales y desequilibrios en la composición natural de los ecosistemas.

REFERENCIAS

Acoustic Lab. (2021). Ruido y contaminación acústica. Acoustic Lab: Feel the confort. https://www.acousticlab.com/ruido-y-contaminacion-acustica/

CESUMA. (2024). Efectos de la contaminación acústica en la fauna marina. Universidad Internacional del Talento. https://www.cesuma.mx/blog/efectos-de-la-contaminacion-acustica-en-la-fauna-marina.html

Esteban-Alonzo, A. D. (2003). Contaminación acústica y salud.

Figueroa A., Orozco M., García J. (2010). Urban Noise and Transport as a Strategy of Environmental Quality. “Proceedings of Meetings on Acoustics”, 11, (040003), “The Acoustical Society of America”, ASA. 1-9

García, A. (2014). La contaminación acústica (Vol. 6). Universidad de Valencia.

González, A. R. And Calle, E. A.D. (2015). Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero (Bogotá, Colombia). Gestión y Ambiente, 18(1), 17-28.

Miyara, F. (1995). Contaminación acústica urbana en Rosario. Universidad Nacional de Rosario.

Młyński R, Kozłowski E. Assessment of the audibility area of auditory danger signals produced by industrial truck. Med Pr [Internet]. 2015 [citado 13 Mar 2017];66(2):173-84. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26294310

Orozco Medina, Martha G.; González, Alice Elizabeth La importancia del control de la contaminación por ruido en las ciudades Ingeniería, vol. 19, núm. 2, 2015, pp. 129-136 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México

Partido Comunista de Cuba. Actualización de los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba en Abril 2016 y por la Asamblea Nacional del Poder Popular en Julio del 2016. La Habana: PCC; 2016.

Rizzo, A., Velis, A., Vechiatti, N., Iasi, F. (2011) Nueva propuesta normativa sobre contaminación acústica ambiental en la provincia de Buenos Aires, Reunión Regional de Acústica 2011. Montevideo, Uruguay

Rodríguez Fernández Y, Alfonso Muñoz E. Aspectos epidemiológicos del trauma acústico en personal expuesto a ruido intenso. Rev Cubana Cir [Internet]. 2012 Jun [citado 13 Mar 2017];51(2):125-32. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932012000200001&lng=es

RTVE noticias. (2023). Un ruido excesivo, una “amenaza invisible” para los ecosistemas. “Sólo conocemos la punta del iceberg”.https://www.google.com/amo.rtve.es/noticias/20230426/ruido-escesivo-amenaza-invisible-para-exosistemas-solo-conocemos-la-punta-del-iceberg/2440446.shtml

Taboada, D. B. (2007). Efectos del ruido sobre la salud. Documento http://www.juristasruidos.org/Documentación/Ruido_y_Sslud.pdf

Sanz, B. And Garrido, F. J. (2023). La contaminación acústica en nuestras ciudades. Fundación “La Caixa”.

Vélez Terreros LV. La contaminación acústica producto de la actividad aeronáutica, civil comercial en las inmediaciones aeroportuarias de la ciudad de Quito [Tesis en Internet]. Ecuador: Comunidad Universitaria de la PUCE; 2011 [citado 13 Mar 2017]. Disponible en: http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/4577

CORONA VIRUS AND OUR ENVIRONMENT

Data de aceite: 01/07/2024

Virat Jolli
Biodiversity and Environmental Sustainability (BEST)
Rohini, New Delhi, India

ABSTRACT: The coronavirus disease (COVID-19) has emerged as a global pandemic, significantly impacting human lives. Given its scale and severity, understanding public opinion regarding the spread and origin of the virus is crucial. As COVID-19 is a zoonotic disease, we conducted an online survey in June 2021 to assess public perceptions of any potential connection between the environment and the transmission of the virus. A total of 1260 individuals participated in the survey.

Key findings from the survey include:

1. Awareness of Causative Organism: Most participants demonstrated awareness of the causative organism responsible for COVID-19.

2. Linkage Between Environment and Spread: A majority of respondents believed that there was a direct linkage between environmental degradation and the spread of the virus. Factors such as deforestation, wildlife trade, hunting, and land use change were perceived to play a role in the transmission of zoonotic diseases.

3. Climate Change Impact: Respondents expressed concern that climate change could exacerbate the spread of such diseases in the future.

Preventive Measures: The majority agreed that a combination of vaccination efforts and environmental preservation and protection could effectively prevent the spread of COVID-19.

4. Youth Perspective: While the study presented mixed responses from the Indian public, a higher percentage of young individuals believed in a strong association between the environment and the spread of the coronavirus.

5. These findings highlight the importance of public awareness, environmental stewardship, and collective efforts in mitigating the impact of zoonotic diseases like COVID-19.

KEYWORDS: covid-19; zoonotic diseases; public perception; pandemic; Anthropogenic disturbance

INTRODUCTION

Corona virus disease (COVID-19) is a global pandemic, affecting human life severely. It has infected 226.84 million people world-wide which resulted into death of 4.66 million [1]. In April and May 2021 sudden surge in cases of corona virus infection was reported from different parts of India [2]. Government of India data showed that 50% of the COVID-19 death was reported in the month of April and May alone [3]. Many scummed to death while those who somehow survived from COVID 19 tsunami has suffered from post-covid symptoms.

International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) has named the virus causing pneumonia like disease the "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) see [4]. Genomic comparison suggested that SARS-CoV-2 probably evolved from a strain found in bats as it had maximum (96.3%) genetic identity with a horseshoe Bat CoV sequence and lesser (82%) identity with that of human SARS CoV-1. The Malayan pangolin CoV is thought to be the potential intermediate amplifying the host that could have triggered virulence towards humans [5]. The higher sequence similarity in the spike protein receptor binding domain further validated it. Therefore, as per WHO, COVID-19 is considered as a zoonotic disease.

There is re-emergence of many other zoonotic diseases recently such as Monkeypox, Nipah, Zika Virus Disease, Dengue, Lassa fever, Bird Flu (H5N1), Swine Flu (H1N1), SARS CoV-1, MERS [6-9]. Sudden increase in outbreak of zoonotic disease possibly has some link with environmental degradation because of anthropogenic activities [10-11].

In this survey, we have assessed the public opinion especially of youth, regarding the outbreak of COVID-19 and its linkage if any with changing environment.

MATERIALS AND METHODS

An online questionnaire was prepared using 'google form'. It was shared among the undergraduate students during online classes held during June-July 2021. They were asked to circulate and got it filled among their social circles through online medium (email, whatsapp and Facebook etc.). Survey was carried out June-July 2021. Respondents were asked to furnish their name, age, occupation and location. A total of 6 questions were asked from each respondent. In this online survey, Likert scale was used [12], as it is considered most useful in behavioral research [13].

RESULTS

A total of 1260 individuals participated in this online survey. Participants were from different parts of India. Majority of participants i.e., 91% of them were within the age group of 15-30 years. Thus, our data set largely represented an age group which fall within the category of youth. Hence, in this study, we assessed the perception of Indian youth toward corona virus and its relation with environment.

Of the total participants, 80.2% of the participants were students (school/college), 8% of them were employed in service sector, while remaining of them were either in business or unemployed or retired from services.

The surveyed individuals were asked six questions related with Corona virus and environment. In question number one, participants were asked about the causative organism of COVID-19 infection. Most of the participants i.e., 98.5% of them were aware that COVID-19 was a viral disease (Fig. 1). The higher age group that included 30-45 and >45 year, around 100% of believed it to be a viral disease.

In question number two, participants were asked "do they think COVID-19 infection is a zoonotic or of animal origin"? On this question > 50% of the participants believed it to be a zoonotic disease, 25% were of neutral opinion while 25% of them disagreed (Fig. 2).

Age wise analysis of the data set showed slight variation in the perception, however higher age group such as >45 year 30% of them disagreed that COVID-19 was zoonotic disease (Fig 3).

In another question, the participants were asked, "Do they think COVID-19 is human induced"? On this question most of them agreed (61%) while very less percentage of them disagreed (14%) and almost 25% of them were of neutral opinion (Fig. 4).

Age wise distribution showed, the middle age group (30-45 year) relatively higher percentage of them i.e., 70% of them believed that COVID-19 was human induced. Moreover, relatively higher percentage of disagreement were recorded among 30-45 and > 45 age groups (Fig. 5).

In question number four, participants were asked "Do they think deforestation, land use change, habitat loss, consumption of wild meat are the prominent reasons for spread of COVID-19"? On this question, we got mixed response from the participants. Around 46% of them agreed while 30% of them disagreed with this. Whereas 23% of them were of neutral opinion (Fig. 6).

Age wise distribution showed not much variation in different age groups except with in higher age group (>45 year) relatively lesser percentage of participants (38%) agreed (Fig. 7).

In question number five, participants were asked, "Do they think climate change will aggravate the spread of COVID-19? Less than50% of the total participants agreed that climate change would aggravate spread of COVID-19, whereas less than25% of them disagreed and 28% of them were of neutral opinion (Fig. 8).

Among the different age groups, only >45 age group showed relatively higher percentage of participants i.e., 40% of them did not believe that climate change would aggravate the spread of COVID-19 (Fig. 9).

In the last question participants were asked, "What is the best possible way of prevention of COVID-19 in future?" Majority of them i.e., 54% of the participants' believed vaccination is the only solution to this global pandemic, however fairly large percentage of

the participants i.e., 44% of them believed vaccination along with prevention of deforestation, conservation of biodiversity, prohibition of wildlife trade and mitigation of climate change were the more effective strategy to prevent spread of COVID-19 in future (Fig 10).

In the middle age group 50% believed vaccination, while 50% of them believed in order to prevent the future spread of COVID-19 other factors along with vaccination is more effective. However, higher age group relied more on vaccination (60%) (Fig. 11)

DISCUSSION

The study reveals that the Indian public is adequately sensitized with respect to COVID-19, which can be attributed to the Government of India's initiatives to educate the masses through electronic and print media. However, certain questions yielded mixed responses in this survey. For instance, there was confusion among the public regarding the origin of COVID-19. This ambiguity is also observed within the scientific community and governments concerning the virus's origin [14]. Consequently, neutral opinions and disagreements with the theory of animal origin of COVID-19 emerged.

The recent spillover of zoonotic diseases, including COVID-19, is a global cause for concern. Soon after the emergence of COVID-19, debates began regarding the possible reasons for its spread and its potential impact in South Asia [15]. The sudden outbreak of COVID-19 is largely attributed to the weakening of our natural ecosystem due to land use changes [16]. Survey results further substantiate this, as the majority of participants believed that the spread of COVID-19 is human-induced. The acceptance of this perspective, especially among youth, may be influenced by compulsory environmental education introduced by the Government of India [17].

Furthermore, climate change is likely to exacerbate the spread of COVID-19 in the near future. While most participants believe in this connection, there were some who remained neutral. Interestingly, among the higher age group (>45 years), a higher percentage of participants disagreed. This discrepancy could be due to a lack of knowledge and inconclusive evidence regarding the role of climate change in the spread of COVID-19, as portrayed in electronic and print media. The study reveals that climate change is likely to aggravate the spread of COVID-19 in the near future. While most participants believe in this connection, there were some who remained neutral. Among the higher age group (>45 years), a higher percentage of participants disagreed. This discrepancy could be due to a lack of knowledge and inconclusive evidence regarding the role of climate change in the spread of COVID-19, as portrayed in electronic and print media. Consequently, environmental awareness campaigns need to be carried out in India to educate the masses about the spill over and re-emergence of zoonotic diseases and their possible threat under a climate change scenario.

Interestingly, a higher percentage of participants believed in the efficacy of vaccination

in containing COVID-19 [18]. This belief is largely due to sensitization by the Government of India and International Health Agencies [19]. However, youth and middle age groups, in particular, also emphasized the importance of preservation, protection, and conservation of the environment alongside vaccination as an effective long-term strategy to prevent the spread of COVID-19. This positive perspective is crucial because the youth and middle age group will influence the future course of the country.

The study sheds light on the perception of Indian youth and others regarding COVID-19. From this study, it can be concluded that environmental education will better prepare the future generation to cope with environmental challenges, especially related to the spread, containment, and eradication of zoonotic diseases. Adopting sustainable lifestyle practices and formulating environmentally-centric policies will be essential in achieving this adaptation.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank 1st year undergraduate students of BSc(H) Biochemistry, Zoology, BSc Life Science, Botany, BA (H) English, Hindi and Sanskrit of the Shivaji College (DU) for helping out in conducting the survey. I also like to thank Principal Shivaji College, Prof. Shiv Kumar Sehdev for providing necessary support and facility.

REFERENCES

1. WHO Corona Virus Dashboard. World Health Organization. [online]. Website: https://covid19.who.int/ (accessed on 10 August 2022).

2. COVID-19 in India: Cases, deaths and oxygen supply. BBC New Services. [online]. Website: https://www.bbc.com/news/world-asia-india-56891016 (accessed on 10 September 2021).

3. Half of all covid deaths in India took place in April May shows Government Data. Hindustan Times. [online]. Website: https://www.hindustantimes.com/india-news/half-of-all-covid-deaths-in-india-took-place-in-april-may-shows-government-data-101627204345380.html (accessed on 20 September 2021).

4. Naming the coronavirus disease (COVID-19) and the virus that causes it. World Health Organization. [online]. Website: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it (accessed on 20 September 2021)

5. Zhang T, Wu Q, & Zhang Z. Probable Pangolin Origin of SARS-CoV-2 Associated with the COVID-19 Out-break. Curr Biol. 2020; 6, 30(7):1346-1351.e2. doi: 10.1016/j.cub.2020.03.022.

6. Monkeypox. World Health Organization. [online]. Website: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/monkeypox (accessed on 10 August 2022)

7. Hauser N, Gushiken AC, Narayanan S et al. Evolution of Nipah Virus Infection: Past, Present, and Future Considerations. Trop Med and Infect Dise. 2021; 6(1): 24.

8. van Doorn HR. The epidemiology of emerging infectious diseases and pandemics. *Medicine* (UK ed.), Abingdon, England. 2021. https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2021.07.011.

9. Wang WH, Thitithanyanont A, Urbina AN et al. Emerging and Re-Emerging Diseases. Pathogens. 2021; 10:827. https://doi.org/10.3390/pathogens10070827.

10. Keesing F, Ostfeld RS. Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases. PNAS. 2021; 118 (17) e2023540118.

11. Mishra J, Mishra P, Arora NK. 2021. Linkages between environmental issues and zoonotic diseases: with reference to COVID-19 pandemic. Env Sust. 2021; 4(3): 455-467.

12. Likert RA. 1932. Technique for the measurement of attitude scales. Archives of Psychology. 1932; 140.

13. Kerlinger FN. Foundations of Behavioral Research (3rd ed.); Holt, Rinehart & Winston, New York. 1966.

14. Did Covid come from a Wuhan lab? What we know so far. The Guardian. [online]. Website:https://www.theguardian.com/world/2021/may/27/did-covid-come-from-a-wuhan-lab-what-we-know-so-far (accessed on 29 September 2021).

15. How Scientists Are Identifying Ways to Prevent the Next Pandemic. The Wire Science. [online]. Website: https://science.thewire.in/the-sciences/scientists-prevent-next-pandemic-wildlife-density-land-viruses-covid-19/ (accessed on 20 September 2021).

16. Gibb R, Redding DW, Chin KQ. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. Nature. 2020; 584: 398–402. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2562-8

17. UGC makes Environmental Studies course mandatory. India Today. [online]. Website: https://www.indiatoday.in/education-today/news/story/ugc-makes-environmental-studies-course-mandatory-209390-2014-10-10 (accessed on 29 September 2021).

18. Government of India COVID-19 Vaccine Online Portal. COWIN [online]. Website: https://www.cowin.gov.in/ (accessed on 30 September 2021).

19. Coronavirus disease (COVID-19). World Health Organization. [online]. Website: https://covid19.who.int/ (accessed on 30 September 2021)

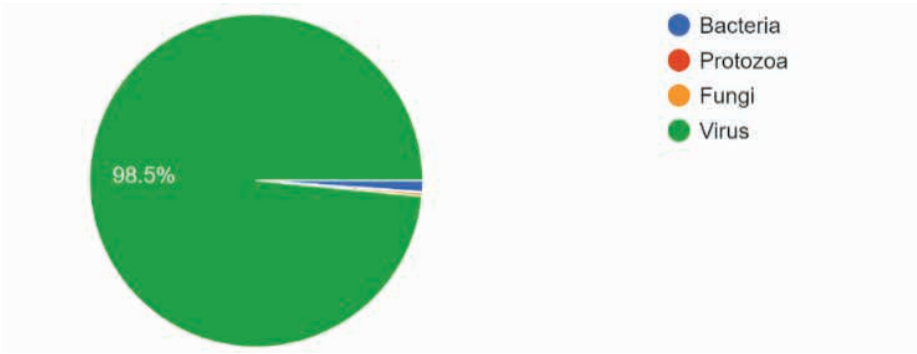


Figure 1. Pie chart showed response of number of participants in percentage on the question (1) COVID-19 is caused by (a) Bacteria (b) Protozoa (c) Fungi (d) Virus (N = 1260; where N is number of responses).

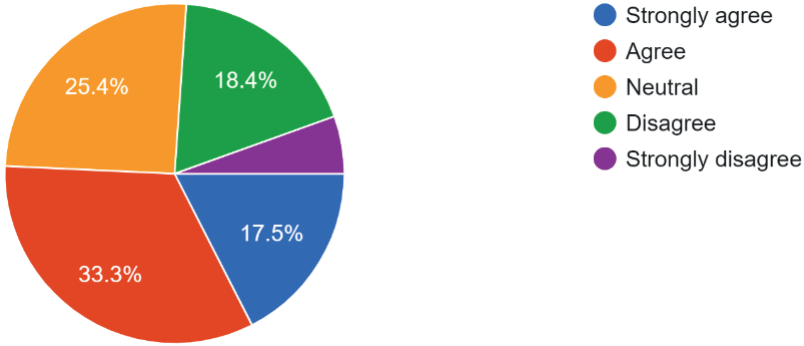


Figure 2. Pie chart showed response of number of participants in percentage on the question (2) Do you think COVID-19 is a zoonotic disease? (Responses 1260).

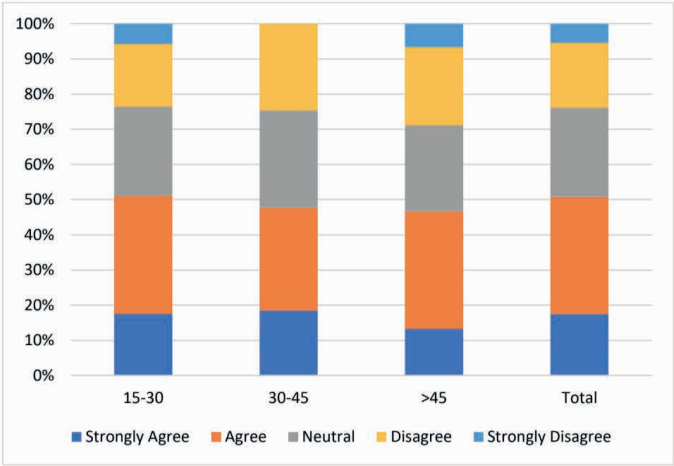


Figure 3. Bar chart showed age-wise distribution of responses of number of participants in percentage on the question (2) Do you think COVID-19 is a zoonotic disease? (Responses 1260).

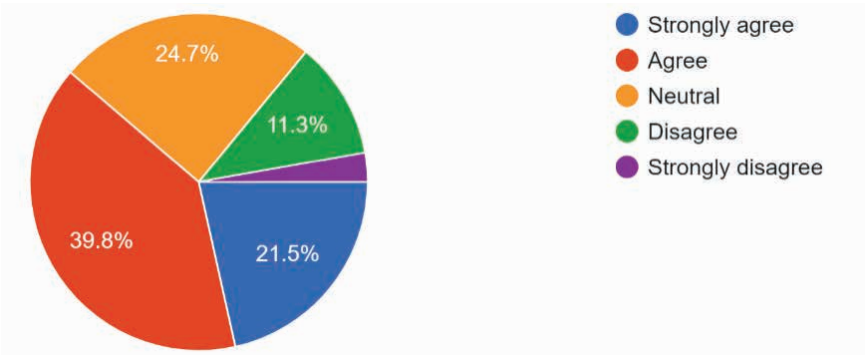


Figure 4. Pie chart showed response of number of participants in percentage on the question (3) Do you think COVID-19 is human induced? (Responses 1260).

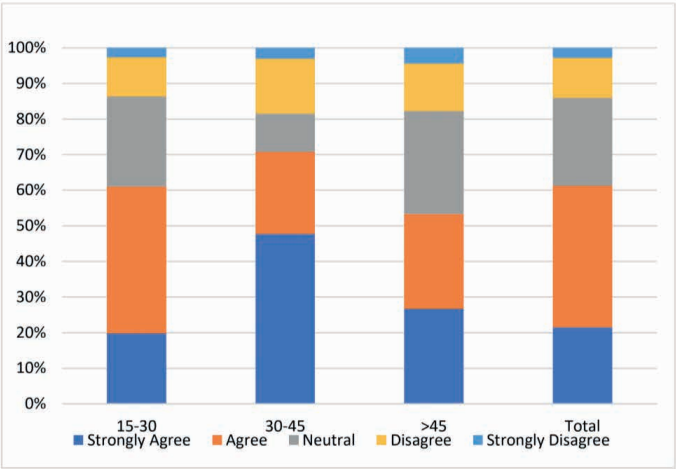


Figure 5. Bar chart showed age-wise distribution of responses of number of participants in percentage on the question (3) Do you think COVID-19 is human induced? (Responses 1260).

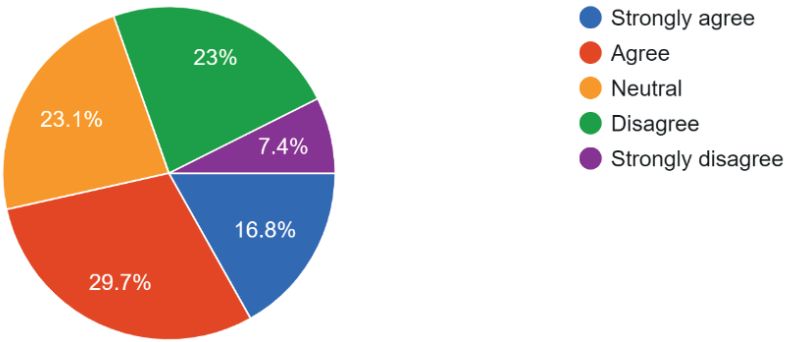


Figure 6. Pie chart showed response of number of participants in percentage on the question (4) Do you think deforestation, land use change, habitat loss, consumption of wild meat is the prominent reason for spread of COVID-19? (Responses 1260).

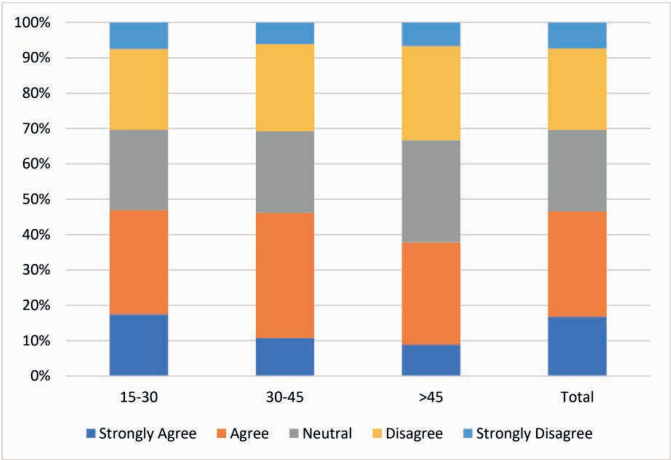


Figure 7. Bar chart showed age-wise distribution of responses of number of participants in percentage on the question (4) Do you think deforestation, land use change, habitat loss, consumption of wild meat is the prominent reason for spread of COVID-19? (Responses 1260).

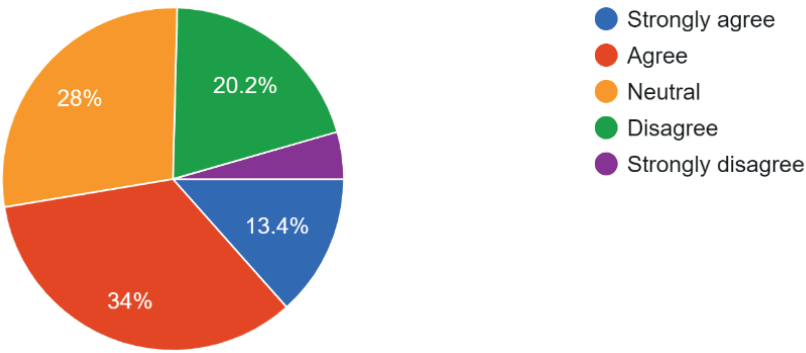


Figure 8. Pie chart showed response of number of participants in percentage on the question (5) Do you think climate change will aggravate the spread of COVID-19? (Responses 1260).

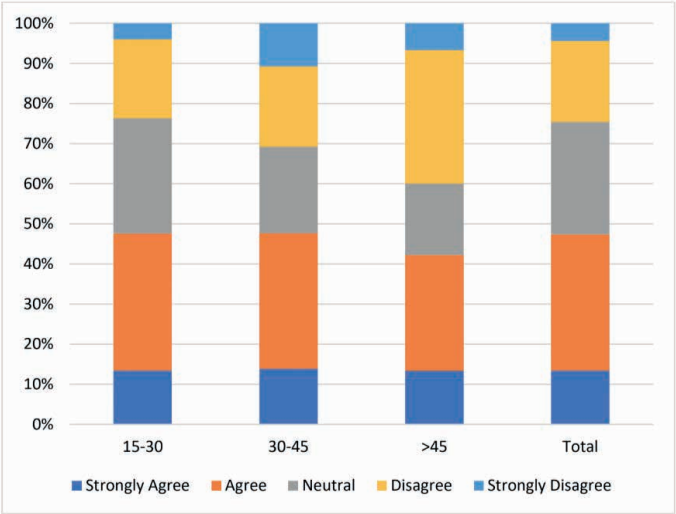


Figure 9. Bar chart showed age-wise distribution of responses of number of participants in percentage on the question (5) Do you think climate change will aggravate the spread of COVID-19? (Responses 1260).

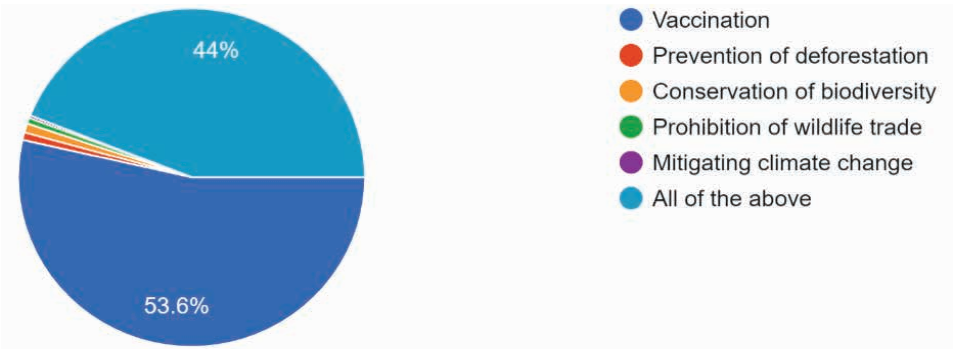


Figure 10. Pie chart showed response of number of participants in percentage on the question (6) What is the best possible way of prevention of COVID-19 in future (a) Vaccination (b) Prevention of deforestation (c) Conservation of biodiversity (d) Prohibition of wildlife trade (e) Mitigation climate change (f) All of the above (Responses 1260).

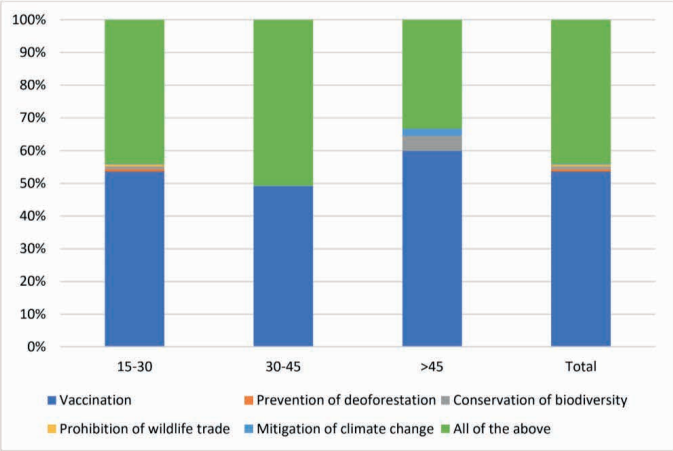


Figure 11. Bar chart showed age-wise distribution of responses of number of participants in percentage on the question (6) What is the best possible way of prevention of COVID-19 in future (a) Vaccination (b) Prevention of deforestation (c) Conservation of biodiversity (d) Prohibition of wildlife trade (e) Mitigation climate change (f) All of the above (Responses 1260).

CAPÍTULO 7

EDUCAÇÃO LÚDICA EM ESCOLA PÚBLICA MODELOS ATÔMICOS: EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Data de submissão: 03/05/2024 *Data de aceite: 01/07/2024*

Wellingthon Coelho de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará Tucuruí - Pará
https://orcid.org/0009-0002-7 682-9424

Dhully Mariele Dos Santos Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará Tucuruí - Pará
https://orcid.org/0009-0005-7 493-5567

Davi Henrique Trindade Amador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará Tucuruí - Pará
https://orcid.org/0000-0001-6 657-4451

RESUMO: O artigo aborda a importância da formação de professores inovadores e estimuladores ao longo de suas carreiras na educação básica. Destaca-se a necessidade de romper com o modelo tradicional de ensino, no qual o professor transmite conhecimento e o aluno apenas absorve passivamente. O texto ressalta que as escolas precisam renovar suas abordagens didáticas para tornar as aulas mais atrativas. No contexto específico do ensino de ciências, o artigo enfatiza que a disciplina pode estimular os alunos a raciocinar e despertar seu interesse pelo conhecimento, desde que ministrada de forma perspicaz e subjetiva. No entanto, muitos professores ainda adotam métodos tradicionais, tornando as aulas entediantes e pouco participativas. O artigo descreve uma experiência educacional realizada em uma escola pública, na qual os graduandos de Ciências Biológicas aplicaram metodologias ativas e lúdicas para ensinar modelos atômicos a alunos do 9º ano. A aula foi dividida em três etapas: apresentação dos modelos, desenvolvimento da aprendizagem por meio de atividades em grupos e avaliação oral com recompensas para os alunos. Os resultados da experiência indicam que a abordagem didática utilizada foi eficaz, permitindo aos alunos associar os conhecimentos teóricos com a vida cotidiana e despertando seu interesse pela ciência. Em suma, o artigo destaca a necessidade de inovação nas metodologias de ensino, especialmente no ensino de ciências, e enfatiza que abordagens ativas e lúdicas podem tornar o aprendizado mais significativo e envolvente para os alunos.

PALAVRAS-CHAVE: ensino de ciências. didática. metodologia ativa. átomos.

ABSTRACT: The article addresses the importance of training innovative and stimulating teachers throughout their careers in basic education. The need to break with the traditional teaching model stands out, in which the teacher transmits knowledge and the student only passively absorbs it. The text highlights that schools need to renew their teaching approaches to make classes more attractive. In the specific context of science teaching, the article emphasizes that the subject can stimulate students to reason and awaken their interest in knowledge, as long as it is taught in an insightful and subjective. However, many teachers still adopt traditional methods, making classes boring and not very participatory. The article describes an educational experience carried out in a public school, in which Biological Sciences undergraduates applied active and playful methodologies to teach atomic models to 9th grade students. year. The class was divided into three stages: presentation of models, development of learning through group activities and oral assessment with rewards for students. The results of the experiment indicate that the didactic approach used was effective, allowing students to associate theoretical knowledge with everyday life and awakening their interest in science. In short, the article highlights the need for innovation in teaching methodologies, especially in science teaching, and emphasizes that active and playful approaches can make learning more meaningful and engaging for students.
KEYWORDS: science teaching. teaching. active methodology. atoms.

INTRODUÇÃO

A formação do professor inovador e estimulador exige qualificações ao longo de sua carreira como; Méritos em pesquisas, títulos, pós-graduação e qualificações acadêmicas. Desse modo, a preparação dos docentes da educação básica é essencial para que os mesmos se preparem para enfrentar as diversas situações no ambiente escolar, tornando o professor capaz de inovar em novas metodologias para tornar o ensino mais compreensível aos discentes. (Vasconcelos e Amorim, 2008).

Segundo COHEN (2017), para que haja diversas mudanças significativas no ensino, é necessário que seja rompido a ideia do senso comum acerca do conceito pedagógico antigo, ou seja, o professor transpõe o conhecimento (ativo) e o aluno apenas o absorve (passivo) como um receptáculo. O autor ainda enfatiza que o modelo de ensino tradicional está totalmente saturado o que leva a escola a adotar novas metodologias para que o ensino se torne mais apreciável aos alunos e mais significativo para o processo de ensino e aprendizagem.

As escolas necessitam que os professores renovem sua didática para que possam elaborar uma aula atrativa aos alunos. Para Toscan Et. Al. (2021), as pessoas sempre consideravam o lúdico como uma brincadeira ou algo divertido para os alunos, onde não havia nem uma relação com o ensino aprendizagem. Entretanto, é possível encontrar uma gama de estudos que relacionam a importância da didática para a aprendizagem dos envolvidos. Sendo assim, a didática também desempenha grande papel no desenvolvimento humano, como o estímulo da curiosidade, pensamento e autoconfiança do aluno.

O ensino de ciências, quando executado de maneira perspicaz e subjetiva torna-se capaz de estimular os alunos a raciocinar e despertar seu interesse pelo conhecimento, emanando a eles o gosto pelas as atividades pedagógicas (FURLANI; OLIVEIRA, 2018). A disciplina de ciências leva os discentes a adquirirem prazer pelos seus conteúdos, pois neles são abordados diversos fenômenos naturais que ocorrem no planeta terra e devido a isso os alunos ficam instigados sobre o mesmo o que ps influência a buscar o conhecimento.

Porém, alguns professores ministram suas aulas com quadros negros e livros didáticos, tornando a aula entediante e exaustiva já que a disciplina de ciências naturais é complexa, o que exige metodologias diferentes a serem abordadas (Santos et al., 2015, p. 218).

Embora o ensino de ciências tenha passados por diversos avanços significativos nos últimos tempos, esta disciplina se encontra ínfima acerca de metodologias inovadoras, onde as aulas em sua grande maioria são expositivas, com o uso de quadros e livros didáticos, tornando o ensino de ciências menos atrativo aos alunos, não ocorrendo a participação ativa dos envolvidos (Campos, 2020).

No que tange o ensino fundamental, são apresentados aos alunos os conteúdos de teoria atômica, e, portanto, os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr envolve uma forma mais eficiente e ilustrativa de ser apresentada aos discente, e cabe ao professor inovar em sua metodologia, onde possa tornar o ensino mais relevante (Geronimo e Sheila, 2020). Segundo Alvez e Alvez (2017), devido a quantidade de modelos didáticos atômicos serem reduzidas na literatura, torna-se um empecilho na abordagem metodológica do professor, e acarreta na falta de compreensão dos alunos acerca do tema.

Este artigo, tem por principal objetivo abordar um relato de experiência que ocorreu em escola pública do fundamental, possibilitando aos graduandos e futuros professores observar sobre a importância que as metodologias ativas desempenham no ensino de ciências.

PERCURSO METODOLÓGICO

O presente relato de experiência é proveniente do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid), com ênfase na educação lúdica sobre modelos atômicos aplicada a turma de 9º ano do ensino fundamental II. A participação ativa dos discentes em sala de aula durante a exposição do conteúdo foi indispensável, pois a contribuição dos alunos tornou-se eficiente para o desenvolvimento do pensamento cognitivo e construtivo, onde eles devem associar as aulas de ciências com a realidade, podendo compreender a importância dos átomos na constituição do mundo.

Esta aula ocorreu em 11 de abril de 2023, na Escola Municipal de Ensino Fundamental Ana Pontes Francez (EMEF), situada na cidade de Tucuruí, Pará, ministrada pelos graduandos e bolsistas de Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal Do Pará. A aula desenvolveu-se mediante a apresentação lúdica sobre os modelos atômicos: modelo atômico

de Dalton, modelo atômico de Thomson, modelo atômico de Rutherford e modelo atômico de Bohr, e foram utilizados recursos metodológicos diferenciados, sendo esses, maquetes de cada modelo. Desse modo, os alunos deveriam entender que a estrutura dos modelos atômicos foi construída com o passar dos tempos por autores diferentes, mas que cada um desses contribuiu para a construção do modelo atualmente aceito. As informações foram transmitidas por meio de uma linguagem simples e de fácil entendimento ao público alvo, constituído por adolescentes de 13 a 15 anos.

A aula foi organizada em três etapas para melhor absorção e aprendizagem dos alunos, ocorrendo uma prévia avaliação dos professores para que pudessem observar se houve entendimento dos alunos acerca do tema. A aula ocorreu a partir do levantamento das concepções prévias dos alunos sobre os modelos atômicos e de como o conhecimento sobre o tema foi se ampliando e estruturando ao longo dos tempos, os estudantes demostraram bastante interesse e participação no decorrer da aula. Portanto, as 3 etapas serão discutidas a seguir.

A primeira etapa da aula lúdica, "Apresentação dos modelos atômicos" teve como objetivo introduzir aos alunos sobre os Modelos Atômicos e sua estrutura; Modelo de Dalton; Modelo de Thomson; Modelo de Rutherford; e Modelo de Bohr, respectivamente.

Etapa 1: Conversando sobre os modelos atômicos
Objetivo: Reconhecer os quatro modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr) propostos ao longo do tempo e facilitar a compreensão do conteúdo e o reconhecimento do átomo sob a perspectiva do pensamento filosófico grego e dos modelos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.
Conteúdos abordados: introdução sobre Modelos atômicos; Estrutura dos Modelos atômicos.
Estratégia Metodológica: Exposição do assunto com o auxílio das maquetes e debate comos alunos.
Materiais necessários: maquetes dos modelos atômicos, 3 carteiras escolar, pincel e lousa
Atividades previstas: Apresentação do conteúdo com a utilização das maquetes e estímulode participações dos alunos com a exposição oral das ideias preexistentes dos mesmos sobre os modelos atômicos;
Duração: uma aula de 45 minutos.

Quadro 1: Estrutura e atividades pertencentes à primeira etapa da aula lúdica

Fonte: Autores (2023)

Foi realizado a apresentação do conteúdo, onde foi demonstrado na maquete a estrutura de cada modelo atômico, no decorrer da aula os alunos ficaram bastantes intrigados e interessados pelo assunto, o que os possibilitou a fazer perguntas para os graduandos. Em seguida os alunos foram chamados a se aproximar da maquete para observar os modelos. (Figura 1).

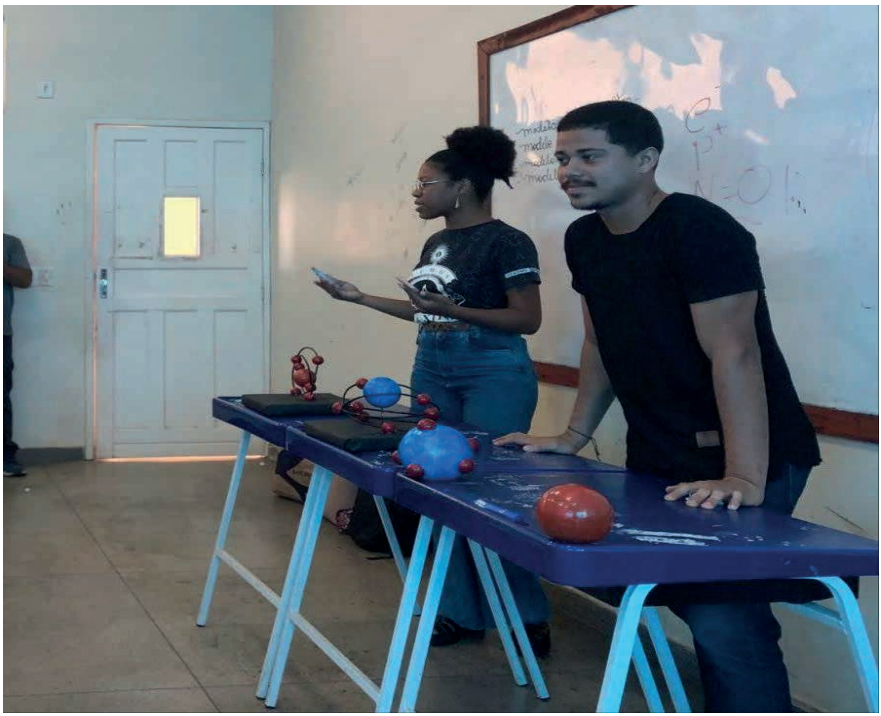


Figura 1- Maquetes dos Modelos Atômicos

Fonte: Autores (2023)

A segunda etapa da aula lúdica, “desenvolvimento da aprendizagem” teve como objetivo estimular os alunos a um debate entre si onde eles possam realizar uma atividade cooperativa. Dessa maneira, os alunos foram submetidos a discutir as questões que não conseguiram assimilar (Quadro 2).

Etapa 2: Desenvolvendo a Aprendizagem
Objetivo**:** Estimular os alunos a cooperar uns com os outros para atingir o objetivo definido:realização da atividade proposta, debate e absorção do conteúdo aplicado.
Conteúdos abordados: Modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.
Estratégia Metodológica: atividade com questões objetivas e discursivas, debate e construção de pensamentos sobre o conteúdo.
Materiais necessários: Folhas sulfites A4 para impressão das atividades.
Atividades previstas: Execução da atividade sobre os modelos atômicos e debate em grupos e com os discentes bolsistas
Duração: uma aula de 45 minutos.

Quadro 2: Estrutura e atividades pertencentes à segunda etapa da aula lúdica

Fonte: Autores (2023).

Os alunos foram divididos em grupos de 4 e 5 pessoas, para poderem debater e realizar a atividade passada. Segundo Lopes e Silva (2008, p. 120) essa técnica pode desenvolver competências como "[...] partilhar informações e ideias, desenvolver ideias, conhecimento mútuo, comunicação, escuta ativa, sumariar ideias dos outros, parafrasear, fazer perguntas." Conforme liam as questões, os mesmos desenvolveram questionamentos e aprendizagem, e ajudaram uns aos outros a sanar dúvidas sobre a atividade. Após o término da atividade, discutimos as questões com os alunos e corrigimos toda as atividades (figura 2).

Figura 2 - Alunos organizados em grupos

Fonte: Autores (2023).

A terceira etapa da aula se deu mediante a uma avaliação oral com os grupos, onde todos os alunos puderam participar, pois foi proporcionado a eles um momento de brincadeira. Houve a distribuição de bombons de chocolate a todos os alunos e sorteio de ovos de páscoa (figura 3).

Figura 3 - Bombons e ovos da páscoa foram distribuídos.

Fonte: Autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A didática ministrada, foi de suma importância para que os alunos pudessem associar conhecimentos da matéria com o seu cotidiano. Deste modo, em sala de aula foi possível analisar que o interesse pelos modelos atômicos foi bastante eficiente e estimulante para os alunos, tornando-os capazes de compreender sobre a importância da ciência para a humanidade.

Portanto, os modelos atômicos que foram repassados aos alunos, são fundamentais para a compreensão de que a ciência nunca desenvolve sozinha, ou seja, para se alcançar o nível mais alto é importante ser autônomo e visualizar o mundo de uma forma totalmente diferente. No ensino da teoria atômica, Melo e Lima neto (2013, p.13) alertam sobre a maneira que os modelos atômicos são apresentados aos alunos, sendo entendido muitas das vezes que “o átomo foi descoberto e então estudado, quando na verdade o átomo não foi descoberto, mas sua teoria construída”.

A consequência em abordar o assunto de átomo sem mencionar a história, acaba contribuindo para a ideia equivocada de que um modelo substitui o outro, e vale ressaltar que os mesmos são citados pelos livros de ciência, sendo que eles deveriam enfatizar que não existe um modelo certo, mas sim leituras diferentes dos mesmos fenômenos, mostrando o carácter dinâmico da química (Melo e Lima 2013).

A dificuldade de se trabalhar o histórico da construção dos modelos atômicos com a devida conceituação de modelo, possibilitou com que Geronimo e Sheila (2020), trabalhassem com didáticas inovadoras para os alunos do ensino fundamental II. Para Marques e Caluzi (2003), e podendo ser incluindo a pesquisa realizada por Justi e Gilbert (2001), foram analisadas pesquisas sobre a questão do "esquecimento do modelo atômico enquanto modelo transitório" com professores de biologia, física e química, na qual observou-se grande empecilhos desses profissionais em definir o uso desse recurso.

Segundo Kraisig et al. (2018, p. 5), o tempo em que ocorre a história da evolução dos modelos atômicos também deve ser ministrado cada modelo novo a ser estudado, fazendo com que os alunos possam compreender que a ciência é uma construção histórica que está em constante transformação. Ao apresentar o conteúdo da teoria atômica, o educador tem que ter em mente que o ensino do mesmo deve ser apresentado com uma excelente abstração para que os alunos possam ficar mais familiarizados com o assunto.

A aprendizagem através de transmissão de conhecimentos por parte do professor é importante, porém a aprendizagem que envolva experimento, demonstrações e questionamentos são mais importantes ainda (LACERDA; SANTOS, 2018). Os recursos didáticos escolhidos pelos docentes que conseguem alcançar o devido objetivo, ajudam no processo de ensino aprendizagem, permitindo com que os alunos possam desenvolver o contato com o conhecimento e podem vim a progredir habilidades úteis para a sua vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As instituições Públicas do Brasil necessitam que os professores de ciências inovem em suas metodologias todos os dias, para que possam tornar o ensino mais compreensível aos alunos, pois é nítido que o conteúdo de ciência quando executado de maneira didática e lúdica torna o ensino mais significativo aos alunos, uma vez que, é através da ciência que todos podem conseguir encontrar enigmas sobre o planeta terra, ajudando a humidade a prosperar.

Portanto, este trabalho tem fundamental importância em tornar as metodologias inovadoras mais acessível aos professores da área, para que os mesmos possam fazer jus de como devem ministrar suas aulas sobre os átomos nos anos finais do ensino fundamental, pois, em muitos dos casos os estudantes criam ideias equivocadas de que a estrutura atômica aceita atualmente, só pode ser atribuída a um ator, mas não é verdade, os modelos foram construindo por grandes cientistas com o passar dos tempos.

REFERÊNCIAS

Alves, V.; Alves, E. (2017). **Móbiles atômicos: uma percepção atômica através dos filtros dos sonhos.** Experiências em Ensino de Ciências, 12(6), 109-120. Disponível em https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID406/v12_n6_a2017.pdf. Acesso em: 03 set. 2023.

Campos F. (2020). **Metodologias ativas no ensino de ciências: uma abordagem bibliográfica.** Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25856. Acesso em: 04 set. 2023.

COHEN, Marleine. **Alunos no centro conhecimento: In: Revista redação ensino superior**. 2017. Disponível em: https://revistaeducacao.com.br/2017/04/18/foco-no-aluno. Acesso em: 08 set. 2023.

FURLANI, Caroliny. OLIVEIRA, Thais B. **O ensino de ciências e biologia e as metodologias ativas: o que a BNCC apresenta nesse contexto.** In. Simpósio Internacional de Linguagens Educativas. 2018. Disponível em:https://unisagrado.edu.br/uploads/2008/anais/sile_2018/posteres/O_ENSINO_DE_CIENCIAS_E_BIOLOGIA_E_AS_METODOLOGIAS_ATIVAS_O_QUE_A_BNCC_APRESENTA_NESSE_CONTEXTO.pdf. Acesso em: 23 de set. 2023.

Geronimo, A.; Sheila P. C. (2020). **UMA ABORDAGEM LÚDICA PARA TRABALHAR TEORIA ATÔMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL.** Experiências Em Ensino de Ciências, 15(02), 229–246. Disponível em:https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/721. Acesso em: 2 de Nov. 2023.

Justi, R.; Gilbert, J. K. (2001). **A natureza de modelos na visão de professores de Ciências.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SP, Atibaia.

Kraisig, G. A. R.; Klein, S. G.; Vieira, V. V.; Rosa, V. M.; & Garcia, I. K. (2018). **Proposta Didática para o ensino de modelos atômicos no Ensino Médio.** In: Encontro de Debates sobre o ensino de Química – RS, Canoas.

LACERDA, F.C.B.; SANTOS, L. M. **Integralidade na formação do ensino superior: metodologias ativas de aprendizagem.** In. Revista Avaliação. v. 23, n. 3, 2018, p. 611627. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aval/a/JRjdzXYGrSdQSZmDxFQQwdM/?format=pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

Lopes, J.; Silva, H. S. Métodos de aprendizagem cooperativa para o jardim da infância. Lisboa: Areal Editores, 2008.

Marques, D. M.; e Caluzi, J. J. (2003). **Ensino de Química e História da Ciência: o modelo atômico de Rutherford.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências – SP, Bauru.

Melo, M. R.; Lima N. E. G. (2013). **Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química.** Química Nova na Escola, 35(2), 112 – 122.

Santos, C. J. S. Et. Al. **Ensino de Ciências: Novas abordagens metodológicas para o ensino fundamental.** In. Revista Monografias Ambientais. v.14, n.1, 2015, p. 217227.

Toscan, Sheila; Mota. R. S.; Viera. M. A. (2021). **O LÚDICO, E SUA IMPORTÂNCIA NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM NOS ANOS INICIAIS.** *Revista Latino-Americana de Estudos Científicos*, 142–158. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/ipa/article/view/37292. Acesso: 2 de set. 2023

VASCONCELOS, Marilúcia C.; AMORIM, Delaz C.G. **A docência no Ensino Superior: uma reflexão sobre a relação pedagógica.** 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/23716364/A_DOC%C3%8ANCIA_NO_ENSINO_SUPERIOR_UMA_REFLEX%C3%83O_SOBRE_A_RELA%C3%87%C3%83O_PEDAG%C3%93GICA. Acesso em: 18 de nov. 2023.

CAPÍTULO 8

GENETIC ANALYSIS AND MOLECULAR PHYLOGENY OF ZIGZAG LEAFHOPPER *MAIESTAS DORSALIS* (MOTSCHULSKY) USING MITOCHONDRIAL COI GENE

Data de aceite: 01/07/2024

B Manurung
Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan, 20221, Indonesia

A Hasairin
Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan, 20221, Indonesia

A H Daulae
Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan, 20221, Indonesia

ABSTRACT: The zigzag leafhopper *Maiestas dorsalis* (Hemiptera) is a tungro virus vector that cause damage on rice plants. Genetic analysis of *M. dorsalis* that be isolated from Samosir island, North Sumatra, Indonesia using partial DNA sequence of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (COI) DNA is still limited. This study aims to identify and to find out the genetic data of *M. dorsalis* that be derived from region of its mitochondrial cytochrome oxidase I gene (COI). Analysis was done by four steps, namely: Hopper collection on paddy field by using insect net, DNA extraction by using Zymo Tissue & Insect DNA Mini Preparation, amplification by PCR using My Taq™ HS Red Mix and DNA sequence analysis using ABI PRISM 3730xl Genetic Analyzer. Primer cocktail tRWF-Mlep was used in DNA amplification step. The research result pointed out that COI DNA fragment of *M. dorsalis* has length 521 bp. This COI DNA sequence was dominated by A and T(U) bases with concentration 74.30%. The concentration of T(U), C, A and G nucleotides in the COI sequence were 35.90%, 13.40%, 38.44%, and 12.30%, respectively. Identification of *M. dorsalis* based on this COI DNA sequence confirmed the identification result based on its morphological characters.

KEYWORDS: Auchenorrhyncha, mtCOI, DNA sequence, Samosir

INTRODUCTION

Zigzag leafhopper *Maiestas dorsalis* (Motschulsky) syn. *Recelia dorsalis* is the leafhopper that belongs to family Cicadellidae of order Hemiptera [1]. This is small wedge shaped insect with specific morphology character of forewings with zigzag reddish brown margin [2]. In rice ecosystem, zigzag hopper has economic importance because it can act as virus vector [1,2]. In this case the zigzag species is known as transmitter of tungro, rice dwarf, rice gall dwarf virus disease and the sole vector of orange leaf Mycoplasma-like Organism (MLO) [1,2]. Therefore, the occurrence of that hopper on paddy field direct and indirect could cause damage and the death on paddy plants.

The distribution of *M. dorsalis* in many country has been reported by Faruq *et al*. [3] as in Australia, Bangladesh, Bhutan, China, India, Indonesia, Japan, Kampuchea, Korea, Laos, Malaysia, Pakistan, Philippines, Sri Lanka, Taiwan, Thailand and in Vietnam. The appearance of this hopper in Tapanuli region of North Sumatera-Indonesia especially at Samosir island has been reported by Manurung *et al*. [4] and its abundance was relatively high.

In order to achieve the effective management of pest species damaging crop, the accurate identification is needed [2, 5]. Until now regarding to identification of leaf-and planthoppers, at least there are two approaches that have been used, namely by morphology plus anatomy and molecular or genetic markers [6]. The using of morphometric approach by measuring 10 morphological features for identification of white leafhopper *Cofana spectra* has been done by Manurung *et al*. [7]. Meanwhile, morphometrically identification on *M.dorsalis* based on its body length and fore wing length have been done by Faruq *et al*. [3].

Species identification by using morphology character has been used and familiar for long time, whereas the using of molecular or genetic approach especially throughout DNA analysis is still new, just since 2000 years [8].Genetically analysis, especially through DNA barcoding has become one of the major tools at present that has been used by taxonomic and non taxonomic experts in order to identify animals and plants as well to know their phylogenetic with related species [5,6,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18].

The using of genetic approach namely by using DNA barcoding, especially through mitochondrial COI gene in order to identify and to study the nucleotide composition and also the phylogenetic of *M. dorsalis* with its related species that come from Samosir island-North Sumatera-Indonesia until now has never been attempted. Therefore, this investigation has been carried out.

MATERIAL AND METHODS

Study Area

One sampling site at Samosir island on non irrigated rice field has been selected. The sampling site was at Siogung-ogung in Pangururan village (Latitude: N 02°36'41.73"; Longitude: E 098°41'37.34"). Leafhoppers catching were done in June 2019 in conventional rice cultivation field.

Collecting and Identification of Samples

The hopper was captured by using standard sweep net and aspirator [19]. The catching was done in the western, eastern and win ward sides of the paddy field [20, 21]. Hopper samples were deposited in 96% alcohol, labeled, and transported to the laboratory for curation and identification. Morphologically species identification was done under stereo binocular microscope in taxonomy laboratory of Biology Department of Universitas Negeri Medan and be consulted on Wilson &Claridge [1]. The samples were stored at - 20°C until the DNA was extracted.

DNA extraction, Amplification and Sequencing

DNA genomic was extracted with Zymo Tissue and Insect DNA Mini Prep (Zymo Research, D6016). This extraction consisted of preparing, lysis cell, DNA binding, washing and DNA elution steps. The DNA isolated was confirmed using 1% TBE agarose. The amplification of mitochondrial genomic DNA was done with My Taq HS Red Mix (Bioline, Bio-25047). The coctail primer tRWF-Mlep was used to amplify the COI gene in Touch Down PCR condition [12]. This PCR profile consisted of initial denaturation at temperature of 95°C for 3 min followed by 5 cycles with denaturation reaction conditions at 94°C for 40 sec, annealing at 45°C for 40 sec, extension at 72°C for 1 min and then followed by 35 cycles with denaturation reaction conditions at 94°C for 40 sec, annealing at 51°C for 40 sec, extension at 72°C for 1 min and ending with a final phase of extension terminal at 72°C for 1 min. The purification of PCR product was done by using the Zymoclean Gel DNA Recovery Kit (Zymo Research, D4002). The PCR product was assessed by electrophoresis with 1% TBE agarose. The running agarose was done at 100 volt for 60 min (Wealtec). Furthermore, the purified PCR product was sequenced with Bi-directional Sequencing using an ABI PRISM 3730 XLGenetic Analyzer at genetic lab of PT Genetika Science Indonesia, Jakarta.

Alignment and Analyses

Sequences data were aligned using ClustalW. The combination of mtDNA sequence of COI data was analyzed by sequencing homology using BLAST program which can be accessed at the National Center for Biotechnology Information (NCBI) website. Sequences homology analysis was performed by comparing COI sequence of zigzag leafhopper sample with NCBI GenBank Data base. The maximum composite probability estimate of the pattern of nucleotide substitution was based on Tamura-Nei model [22]. Molecular Evolutionary Genetic Analysis (MEGA-X) software program was used for phylogenetic tree construction and evolutionary analyses [23]. The evolutionary history was inferred using the Neighbor-Joining method [24].

RESULTS AND DISCUSSION

Leafhopper sample that has been previously identified based on morphology character as *Maiestas dorsalis* syn. *Recelia dorsalis* [1], its analysis was then continued with molecular marker. In the working with this molecular approach, the mitochondrial cytochrome oxidase I (COI) region of the sample was succesfully amplified using Touch Down PCR with coctailtRWF-Mlep primer. This result confirm the using of that primer in Touch Down PCR condition in the study of leafhopper (Hemiptera: Auchenorrhyncha) taxonomy through DNA barcoding approach [12]. The PCR of COI gene fragment for sample *M. dorsalis* yielded a single product of 521 bp. The length of this COI gene fragment is longer compared to white leafhopper *Cofana spectra* (305 bp) [13] and orange headed leafhopper *Thaia subrufa* (466 bp) [14].

The NCBI BLAST database result pointed out that partial COI gene sequence of *M. dorsalis* population isolated from Samosir showed 98.65% similarity with *M. dorsalis* (KX786285.1) from Guilin, Guangxi province, China (Table 1). This finding stated that identification with molecular marker has corroborated the morphological identification and also become a valuable tool in animal taxonomy [6,10,25,26]. Regarding into the high similarity of COI gene sequences of *M. dorsalis* leafhopper between Indonesia (Samosir island) and China populations, this research result revealed that genetic variation between the both leafhopper populations were very low and therefore geographical distance and ecological differences between two countries may be don't have significantly contribution on the creating of their gene variation. This research finding stated also that the both populations have the same ancestor.

Species	Accession number cover	Query	Percent identity
Maiestas dorsalis mitochondrion complete genom	KX786285.1	100%	98.65%
Cicadellidae sp. 4AY-2013 mitochondrial partial COI	HF968654.1	62%	98.47%
Cicadellidae sp. 7 AY-2013 mitochondrial partial COI	HF968658.1	63%	98.18%
Cicadellidae sp. 1 AY-2013 mitochondrial Partial COI	HF968651.1	63%	98.17%
Cicadellidae sp. 5AY-2013 mitochondrial partial COI	HF968655.1	64%	97.89%
Recilia dorsalis isolate RD3 cytochrome oxidase sub unit I (COI)	KU324165.1	66%	96.50%
Recilia dorsalis cytochrome oxidase sub unit I COI	KU258183.1	66%	96.25%
Recilia dorsalis isolate RD2 cytochrome oxidase Sub unit I (COI)	KU324164.1	66%	95.97%

Table 1. Result of BLASTN Analysis on Sample P5

The composition of nucleotide of *M. dorsalis* sample showed clear bias to nucleotide AT at concentration 74.30%. The occurring of nucleotide AT bias on *M. dorsalis* is in line with leafhopper *Nephotettix virescens, C. spectra* and *T. subrufa* [5,13,14]. The composition of T(U), C, A and G nucleotides in the COI sequence were 35.90%, 13.40%, 38.44% and 12.30%, respectively (Table 2). The maximum composite probability estimate of the pattern of nucleotide substitution is presented in Table 3. In this case, each entry is the probability of substitution (r) from one base (row) to another base (column). Rates of different transitional substitutions are shown in bold and those of transversional substitutions are shown in italics. This substitution pattern and approximate rate were based on the 2 parameter model Kimura [22].

Species (Gen Bank Accession number)	Nucleotide Composition (%)				Total
	T(U)	C	A	G	
*Cicadellidae sp.1*AY-2013 COI (HF968651.1)	37.6	15.4	33.0	13.9	675
*Cicadellidae sp.4*AY-2013 COI (HF968654.1)	37.5	15.8	32.7	14.0	670
*Cicadellidae sp.5*AY-2013 COI (HF968655.1)	37.8	15.4	32.9	13.9	677
Cicadellidae sp.7 AY-2013 COI (HF968658.1)	37.3	15.5	32.8	14.3	676
Japanushyalinus-whole genom (KY129954.1)	33.9	13.7	42.7	9.7	15364
Maiestasdorsalis-whole genom (KX786285.1)	34.3	12.3	44.4	8.9	15352
Reciliadorsalis COI (KU258183.1)	37.7	15.1	33.7	13.5	689
Receliadorsalis isolate RD2 COI (KU324164.1)	37.9	15.1	33.5	13.5	689
Receliadorsalis isolate RD3 COI (KU324165.1)	37.9	15.0	33.5	13.6	686
Receliadorsalis isolate RD4 COI (KU324166.1)	37.9	14.9	33.4	13.8	680
Receliadorsalis voucher COI ZYJ70 (MF716885.1)	37.7	15.3	33.3	13.7	658
Sample P5	35.9	13.4	38.44	12.3	521
Average	34.7	13.4	41.8	10.1	

Table 2. The length and percentage of nucleotide composition of the COI sequence of *M. dorsalis*sample from Samosir island (sample P5) and related species

From\To	A	T	C	G
A	-	*7.23*	*2.79*	**2.75**
T	*8.69*	-	**12.30**	*2.10*
C	**8.69**	*31.90*	-	*2.10*
G	*11.37*	**7.23**	*2.79*	-

Table 3. Maximum composite probability estimate of the pattern of nucleotide substitution

The evolutionary divergence of *M. dorsalis* within Cicadellidae family is given in the Table 4. A 1.35% difference is observed between Indonesia (Samosir) population when compared to *M. dorsalis* from China. Meanwhile, the highest variation (15.85%) was with *Japananus hyalinus* also from China [27].

No	Species name with GenBankAcession No.	Divergence (%)
1	*Maiestas dorsalis* China-KX7862851	1.35
2	*Cicadellidaesp* 4 AY-2013-HF9686541	1.53
3	*Cicadellidaesp*7 AY-2013-HF9686581	1.82
4	*Cicadellidaesp 1* AY-2013-HF9686511	1.83
5	*Cicadellidaesp 5* AY-2013-HF9686551	2.11
6	*Recelia dorsalis*V ZYJ 70- MF7168851	2.47
7	*Recelia dorsalis* RD4-KU3241661	3.25
8	*Recelia dorsalis* RD3-KU3241651	3.50
9	*Recelia dorsalis*-KU2581831	3.75
10	*Recelia dorsalis* RD 2-KU3241641	4.03
11	*Japananus hyalinus* China-K1299541Y	15.85

Table 4. Percentage of evolutionary divergence of *M. dorsalis* from Samosir with related species

Molecular phylogenetic tree among *M. dorsalis* isolated from Samosir with other leafhoppers that belongs to member of Cicadellidae family is displayed in Figure 1. This result confirmed that COI gene mitochondria could elucidate the molecular evolution and phylogenetic relationship of leafhopper. The result of phylogenetic tree showed that *M. dorsalis* isolated from Samosir island-Indonesia is the nearest relative of *M. dorsalis* from China and therefore could be stated that the both leafhopper populations have the evolutionary similarity. In this case, the closely connected species shows more than 90% similarity within the standardized DNA sequence whereas distantly connected species will show less than 90% within the same sequence [13].

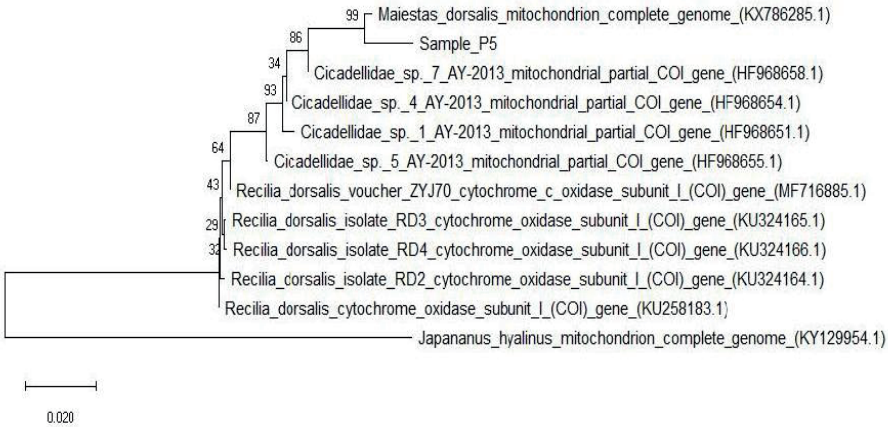


Figure 1. Phylogenetic Tree-Neighbor Joining of *M. dorsalis* from Samosir (Sample P5) based on DNA fragment mitochondria COI sequence with related species

CONCLUSION

Identification of zigzag leafhopper *M. dorsalis* sample from island Samosir-Indonesia based on DNA barcoding marker could confirm the result of identification based on morphology characters. The leafhopper has the length of nucleotide 521 bp and bias on nucleotide AT with the concentration 74.30%). The composition of T (U), C, A and G nucleotides were 35.9%, 13.40%, 38.44% and 12.30%, respectively.

REFERENCES

1. Wilson MR and MF Claridge. 1991. *Handbook for the identification of leafhoppers and planthoppers of rice.* Wallingford-UK: CAB International.p 142

2. Chowdhury SV, R S Rao and K Sreedevi 2011 *Current Biotica***4(4)** 397

3. Faruq M O, MMH Khan and MARahman 2017 *Int.J. Innov. Res.* **2(1)** 25

4. Manurung B, P Prastowo and AH Daulae 2017 *International Journal of Science and Research* **6 (9)**1412

5. Sreejith K and CD Sebastian 2015 *Indian Journal of Science and Technology* **8(1)** 61

6. Gopurenko G, M Fletcher, H Loecker and A Mitchell 2013 *Records of the western australianmuseum-Supplement* **83** 253

7. Manurung B, A Hasairin, AH Daulae, PS Silaban and N Hasibuan 2019 *Journal of Entomology and zoology Studies* **7(1)** 701

8. Hebert PD and TR Gregory 2005 *Syst Biol***54(5)** 852

9. Yeh WB, CT Yang and CF Hui 2005 *Zoological Studies* **44(4)** 519

10. Asokan R, NKK Kumar and Averghese 2007 *Current Science* **93(12)** 1668

11. Lakra WS, M Goswami, A Gopalakrishnan, DP Singh, A Singh and NS Nagpure. 2010. *Biochemical Systematics and Ecology* **38** 1212

12. Foottit RG, Maw E, PDN Hebert 2014 *Plos One* **9(7)** 1

13. Sreejith K and CD Sebastian 2014 *International Journal of Applied and Natural Sciences***3(2)** 135

14. Sreejith K and CD Sebastian 2015 *Journal of Entomology and Zoology Studies* **3(3)** 135

15. Roslim DI 2017 *SABRAO Journal of Breeding and Genetics***49(4)** 346

16. Peninal S, J Subramanian, A Elavarasi and M Kalaiselvam 2017 *Genomic Data***11** 81

17. Sitompul AF, EH Siregar, DI Roesma, Dahelmi and E Prasetya 2018 *Biodiversitas***19(5)** 1877

18. Kunde S, S Rath, K Tyagi, R Chakraborty and V Kumar 2018 *Resources* **3(1)** 161

19. Yi Z, J Feng, D Xue, W Sang and JC Axmacher 2012 *Journal of Resources and Ecology***3(2)** 174

20. Manurung B, W Witsack, S Mehner, M Gruentzig and E Fuchs 2004 *Virus Research***100 (1)** 109

21. Manurung B, W Witsack, S Mehner, M Gruentzig and E Fuchs 2005 *J. Plant. Dis. Protec.***112 (5)** 497

22. Kimura M 1980 *Journal of Molecular Evolution***16** 111-120

23. Kumar S, G Stecher, M Li, C Knyaz, and K Tamura 2018 *Molecular Biology and Evolution* **35** 1547

24. Saitou N and M Nei1987 *Molecular Biology and Evolution***4** 406

25. Karimi J, M Kakhki-Hassani and MM Awal 2010 *Cell and Molecular Research***2** 35

26. Kurniawaty N, P Hidayat and A Rauf 2017 *Indonesian Journal of Entomology***14(1**) 20

27. Du Y, C Zhang, CH Dietrich, Y Zhang and W Dai 2017 *Sci Rep.***7** 14197

CAPÍTULO 9

LA FAUNA MEXICANA EN EL PATRIMONIO BIOCULTURAL: EL CASO DEL VENADO COLA BLANCA (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS*)

Data de aceite: 01/07/2024

Alejandro García Flores
Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México
https://orcid.org/0000-0002-1122-5059

Raúl Valle Marquina
Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México
https://orcid.org/0000-0003-4730-2973

Jose Manuel Pino Moreno
Depto. de Zoología. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria Coyoacán, Ciudad de México
https://orcid.org/0000-0002-1193-6125

Erika Román Montes de Oca
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. México
https://orcid.org/0000-0002-9490-6422

Juan Manuel Rivas González
Escuela de Estudios Superiores El Jicarero
Jojutla, Morelos, Méxic
https://orcid.org/0000-0001-7080-220X

RESUMEN: El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie con características que le han permitido adaptarse a diferentes ecosistemas mexicanos, al habitar exitosamente en selvas tropicales húmedas, selvas secas, bosques y áreas de matorrales. Dada su amplia distribución, es una especie sobresaliente en la cultura de los pueblos campesinos e indígenas a lo largo y ancho del territorio nacional. Históricamente ha provisto de diversos productos, especialmente carne al representar una de las principales presas en la cacería de subsistencia, pero también al forma parte de su entramado simbólico expresada en narrativas de la tradición oral o ceremonias rituales desde la época prehispánica hasta nuestros días. Las estrategias de conservación del venado no solo deben enfocarse en el papel ecológico que cumple dentro de los ecosistemas, también debe abordar su importancia como parte del patrimonio biocultural de los pueblos de México.

PALABRAS CLAVE: venado cola blanca, cacería de subsidencia, cultura, cosmovisión, carne de monte.

MEXICAN FAUNA IN THE BIOCULTURAL HERITAGE: THE CASE OF THE WHITE-TAILED DEER (ODOCOILEUS VIRGINIANUS: ZIMMERMANN1780)

ABSTRACT: The white-tailed deer (Odocoileus virginianus) is a species that possesses a set of characteristics that have allowed it to adapt to different mexican ecosystems, successfully inhabiting tropical rainforests, dry forests, woodlands and scrub areas. Due to its wide distribution, it is an outstanding species in the culture of peasant and indigenous peoples throughout the country. Historically, it has provided a variety of products to rural communities, especially meat, and represents an important source of income for rural communities. It is also part of a symbolic scheme, expressed in narratives of oral tradition or ritual ceremonies from pre-Hispanic times to the present day. For these reasons, conservation strategies should focus on the ecological role it plays in ecosystems, and address its importance as part of the biocultural heritage of the peoples of Mexico.
KEYWORDS: White-tailed deer, subsistence hunting, culture, cosmovision, mount meat.

INTRODUCCIÓN

México es considerado como uno de los países con mayor patrimonio biocultural, debido a que en el territorio nacional se distribuye el 10% de toda la diversidad biológica del planeta y paralelamente tiene una gran diversidad cultural con 68 agrupaciones lingüísticas y 364 variantes (CONABIO, 2017; Toledo *et al.*, 2019). La relación histórica entre una naturaleza tan diversa y la acumulación de conocimientos para su apropiación, por medio de diversas prácticas y conforme a la cosmovisión de los pueblos originarios y relacionados, ha dado lugar a la conservación, manejo y uso de un conjunto de variedades, especies, sistemas y paisajes para lograr la subsistencia (Toledo *et al.*, 2019).

En los diversos contextos culturales y ecológicos de México, los pueblos originarios han transformado sus territorios en un mosaico de espacios productivos que combinan ambientes con diferente grado de manejo, formando así paisajes bioculturales (Boege, 2008). Dentro de estos, uno de los escenarios donde se ha desarrollado parte de la diversidad biocultural es en los sistemas agroforestales tradicionales, los cuales son espacios y conjunto de prácticas que integran el manejo de elementos forestales, agrícolas y en ocasiones también pecuarios (Moreno-Calles *et al.*, 2013). Ejemplos de este tipo de sistemas productivos son: los *oasis* de la Península de Baja California, el *huamil* en Guanajuato, el *tlacolol* de Guerrero, las *chinampas* del Valle de México, el sistema *milpa-cactáceas columnares* del Valle de Tehuacán, los *patios* de Oaxaca, los *cacaotales* en Tabasco o los *solares* de Yucatán (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Otra de las expresiones notables de la riqueza biocultural se manifiesta en el uso de aproximadamente 7000 plantas vasculares, las cuales pueden ser especies cultivadas, toleradas, fomentadas y protegidas en los sistemas agroforestales o extraídas directamente de la vegetación natural (Caballero y Cortés, 2001). A pesar de esta cifra registrada de plantas útiles, se estima que en el país existen entre 10,000 y 12,000 (Lira *et*

al., 2016). Algunos ejemplos concretos son las casi 200 especies de plantas domesticadas, principalmente alimentarias, y una herbolaria nacional que registra más de 3,000 especies (Casas *et al*., 2017). Los hongos son otro tipo de organismos que tradicionalmente han utilizado los grupos culturales en el país, en donde se registra el consumo de 400 especies silvestres y la utilización de 350 en la medicina tradicional mexicana (CONABIO, 2020).

La fauna silvestre es otro elemento de la biodiversidad que forma parte del patrimonio biocultural. La compleja topografía y la diversidad de climas en México han propiciado el desarrollo de variados hábitats donde existe una gran riqueza faunística. A nivel mundial, el país ocupa el quinto lugar en diversidad de vertebrados silvestres superado solo por Brasil, Colombia, Perú e Indonesia. De forma particular se posiciona en el segundo lugar en riqueza de mamíferos con 564 especies, segundo en reptiles con 908, quinto de anfibios con 376 y el onceavo lugar en aves con 1,150 especies registradas (CONABIO, 2017).

Los grupos humanos históricamente han establecido múltiples interacciones con la fauna silvestre, la cual tiene diversas funciones y significados en su modo de vida de acuerdo con el contexto geográfico, histórico y cultural (Alves y Albuquerque, 2018). Una de las interacciones más antiguas en la relación sociedad-fauna se materializa en la extracción de animales para diversos fines mediante la pesca, la recolección o la cacería (Santos-Fita *et al*., 2012).

La cacería como una práctica que forma parte de la expresión material y simbólica en la cosmovisión de grupos campesinos e indígenas, representa una actividad importante para la subsistencia, principalmente por el aporte de proteína animal como parte de su cultura alimentaria (Ramírez-Barajas y Calme, 2015). Sin embargo, el aprovechamiento tradicional de la fauna se diversifica más allá del alimento, porque también provee bienes con uso medicinal, materias primas para ornamentos, artesanías, herramientas, la obtención de animales de compañía o la obtención de ingresos económicos (Santos-Fita *et al*., 2012). En dicho contexto, en México se registran 82 especies de mamíferos silvestres utilizados principalmente con fines alimentarios (Ávila-Nájera *et al*. 2018a). Así mismo, se documentan 135 especies de anfibios y reptiles con al menos un valor de uso (Ávila-Nájera *et al.* 2018b). Mientras en la práctica de la medicina tradicional mexicana se han contabilizado hasta 163 especies de animales (Alonso-Castro, 2014).

La relevancia de la fauna para los grupos humanos no se limita a su aporte material o tangible, también es un elemento en su cosmovisión al encontrar ideas y representaciones simbólicas en diversos aspectos de la cultura como la alimentación, las practicas curativas, rituales y ceremonias, o en narrativas de la tradición oral como creencias, mitos y leyendas (Herrera-Flores *et al*., 2018).

Entre las especies de fauna, los venados ocupan un lugar especial y emblemático en las múltiples interacciones con los grupos campesinos e indígenas de México. El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es uno de los animales silvestres con mayor importancia en diferentes culturas del país debido a su amplia distribución en el territorio

nacional, por su aporte de carne al ser una de las presas preferidas en la cacería de subsistencia y por sus características biológicas que le han otorgado diversos significados en el entramado simbólico de su cosmovisión y cosmogonía. Bajo estas premisas, el objetivo de este capítulo es enmarcar la importancia que históricamente tiene el venado cola blanca como parte del patrimonio biocultural de los pueblos en México.

DE NORTE A SUR, DE ESTE A OESTE

Los venados son la familia de ungulados con mayor riqueza de especies en América. En México se registran cuatro especies en vida silvestre: el temazate rojo (*Mazama temama*), el temazate gris yucateco (*Mazama pandora*), el venado bura (*Odocoileus hemionus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Gallina y Mandujano, 2009).

El venado cola blanca es el de mayor área de distribución en América, encontrándose desde el sur de Canadá hasta Bolivia. En México habita del norte hacia el sur y del golfo al pacifico, con excepción de la Península de Baja California, siendo la especie con mayor distribución en el país (Figura 1). Esta condición muestra su gran adaptabilidad, al encontrarse exitosamente en múltiples ecosistemas del territorio como selvas tropicales húmedas y secas, bosques o áreas de matorrales (Mandujano, 2010).

Los venados son artiodáctilos rumiantes, esto quiere decir que son mamíferos con un número par de dedos y un estomago con cuatro compartimientos similar a animales domésticos como ovejas, cabras y vacas. La forma en que digieren su alimento es algo que los caracteriza, porque primero lo consumen y después hacen la rumia, al regurgitar para seguir masticándolo.

Una de las características distintivas de esta especie de venado es el mechón de pelos blancos en la base de la cola. La coloración del pelaje y el tamaño corporal varía de acuerdo con las 14 subespecies que se registran en el país, pero generalmente las norteñas son de talla más grande y de coloración grisácea, y en los climas tropicales son más pequeños y de color rojizo (Mandujano, 2010). Sus crías conocidas como cervatillos poseen un pelaje rojizo con manchas blancas hasta los tres meses (Galindo y Weber, 2005). Los machos presentan astas mientras que las hembras carecen de ellas; estas estructuras se desprenden y crecen cada año. La organización social más común son pequeños grupos formados por hembras con sus crías, mientras los machos adultos son solitarios. Aunque su dieta varía de acuerdo con la estación y región donde se encuentran, esta incluye hojas, rebrotes, frutos y cierta porción de material leñoso de arbustos o árboles (Galindo y Weber, 2005).

En ocasiones se piensa que las plantas y los animales son elementos aislados dentro de los ecosistemas. Sin embargo, coexisten en el mismo espacio y dependen unos de otros para sobrevivir al formar amplias redes de interacciones entre ellos. En el caso del venado cola blanca, es una de las principales presas de carnívoros como el puma, jaguar,

coyote o gato montés; ocasionalmente osos negros y águilas reales depredan cervatillos (Galindo y Weber, 2005; Mandujano, 2010). Como herbívoro dispersa las semillas de diversas plantas que come, al alimentarse tiene efecto en la conformación del sotobosque e incluso sus astas mudadas y huesos son fuente de calcio para roedores silvestres como ardillas y ratones (Mandujano, 2010).

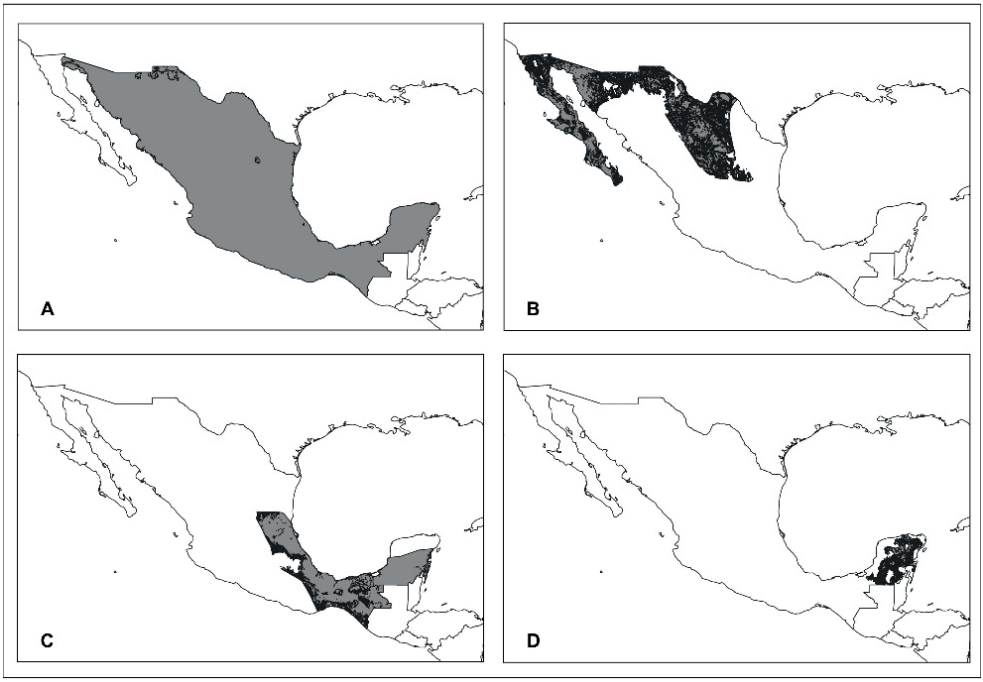


Figura 1. Distribución de las especies de venado en México: A) venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), B) venado bura (*Odocoileus hemionus*), C) temazate rojo (*Mazama temama*), D) temazate gris yucateco (*Mazama pandora*).

Elaboración propia con datos vectoriales de CONABIO.

UNA MIRADA AL PASADO: EL VENADO COLA BLANCA EN EL MÉXICO PREHISPÁNICO

Las evidencias arqueológicas, iconográficas y etnohistóricas que se han registrado de Mesoamérica, demuestra que las culturas que florecieron en esta área cultural desarrollaron una compleja red de interrelaciones materiales e inmateriales con la fauna silvestre. Los animales eran frecuentes elementos en múltiples dimensiones de las sociedades mesoamericanas como en las prácticas de subsistencia de la vida cotidiana, las actividades económicas y en su entramado simbólico (Corona, 2008).

La obtención de recursos faunísticos a través de la pesca, la recolección, la cacería o incluso con la cría en cautiverio, la domesticación y el manejo zootécnico, aporto diversos

bienes materiales para la alimentación, la medicina, abrigo, vestimenta o la manufactura de utensilios (Valadez-Azúa, 2016). Diversos productos animales eran comercializados desde cortas o largas distancias en los mercados prehispánicos, los cuales contaban con secciones particulares para la fauna en donde se podría encontrar carne, pieles o animales vivos. Así mismo, fue un componente del tributo que pagaban pueblos subordinados, los cuales en la periodicidad y cantidad de su obligación tributaria incluían especies vivas o muertas y sus productos (Retana, 2006).

Más allá de su aporte a la alimentación o de materias primas, la fauna tuvo un papel importante en la cosmogonía y cosmovisión mesoamericana. A pesar de que la agricultura fue la actividad central para las sociedades de Mesoamérica, donde el simbolismo se focalizo en el ciclo del crecimiento de las plantas, la persistencia de prácticas como la caza permitió que los animales conservaran su importancia simbólica, enfocándose a elementos vinculados al cultivo de la tierra como la lluvia, el agua, el sol, la tierra, la luna y el origen de las especies vegetales (Amador, 2018). En dicho contexto, la fauna figuro como seres participantes en la creación y destrucción del universo; en la personificación y vínculo con los dioses; aliados del hombre; como seres con cualidades sobrenaturales; y componente de rituales, ceremonias, mitos y leyendas (Olivier, 1999).

Los huesos, su figura en la iconografía y las fuentes escritas han permitido tener una mayor compresión sobre el papel del venado cola blanca en las sociedades mesoamericanas (Figura 2). La presencia de sus restos óseos en los contextos arqueológicos es generalmente abundante en distintas regiones de Mesoamérica (Figura 3), al representar uno de los vertebrados que frecuentemente aparece en diferentes periodos, diversos contextos culturales y en sitios asociados con basureros domésticos, unidades habitacionales, palacios de las elites o entierros (Götz, 2014; Götz y Emery, 2014; Valadez-Azúa y Rodríguez, 2014).

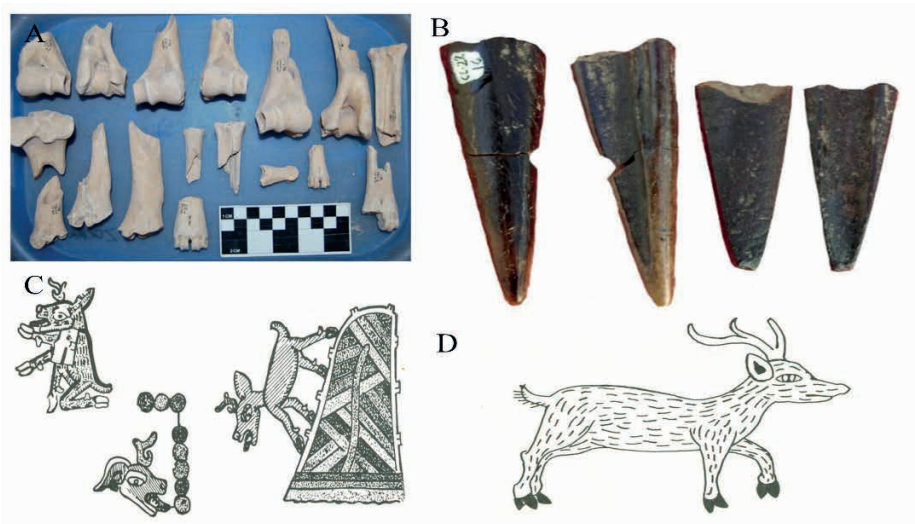


Figura 2. Evidencia arqueológica e iconográfica relacionada al venado. A) huesos de venado cola blanca y temazate localizados en Chichén Itzá. Imagen de Götz (2014); B) punzones de hueso de *Odocoileus virginianus*. Imagen de Cupul-Magaña y Mountjoy (2020). C) y D) representaciones de venados en el *Códice Vindobonense* y el *Códice Florentino* respetivamente.

Imágenes de Valadez-Azúa (1990).

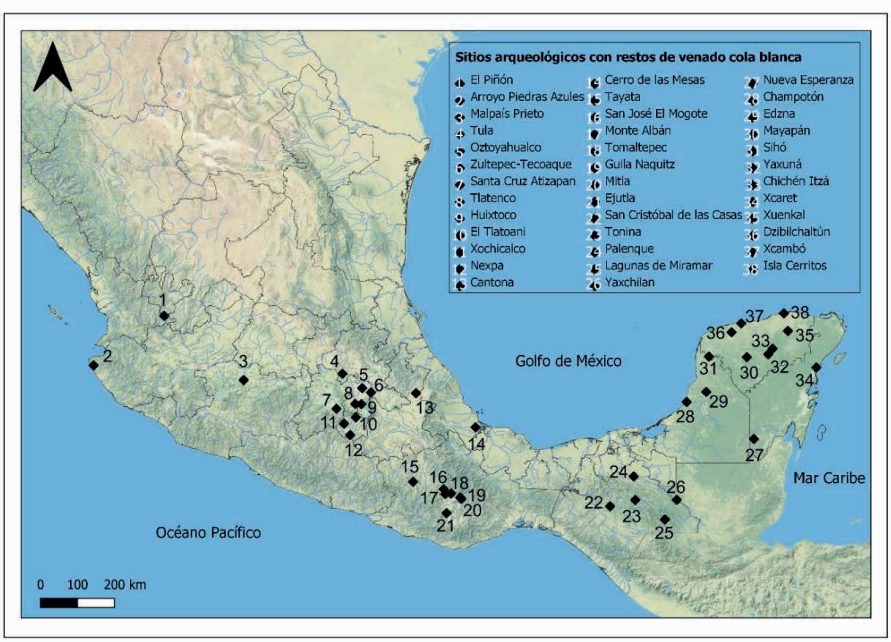


Figura 3. Ejemplos de sitios arqueológicos en México donde se han registrado restos óseos de venado cola blanca en diferentes periodos de la época prehispánica. Elaboración propia a partir de revisión documental. A pesar de la modesta muestra de sitios, es claro que los restos de venado cola blanca se localizan en diferentes contextos culturales de la región del Occidente, el Altiplano Central, la Costa del Golfo, la Oaxaqueña y la Maya.

Uno de los principales motivos de la presencia de restos del venado es su vínculo con actividades culturales como la alimentación, al representar uno de los *taxa* más frecuentemente consumidos en las regiones mesoamericanas (Rodríguez-Galicia *et al*., 2012; Götz, 2014; Götz y Emery, 2014; Valadez-Azúa y Rodríguez, 2014). Por ejemplo, modificaciones y marcas tafonómicas encontradas en huesos de la región maya, muestran huellas de hervido y de fractura en fresco, con pocas marcas de corte, lo que podría ser un indicio de un método de cocción en horno subterráneo llamado *píib*, el cual se mantiene en poblaciones mayas actuales (Götz, 2014).

Hablar de la alimentación solo como una actividad de subsistencia resultaría descontextualizado de la realidad mesoamericana, porque los alimentos representaron algo más que una fuente de nutrientes. La preparación de comida también estuvo estrechamente relacionada con el entramado religioso mediante ofrendas funerarias, ceremonias y banquetes rituales, además de fiestas cívico-religiosas. De acuerdo a Montero y Varela (2017), en Chinikihá, Chiapas y en numerosos sitios arqueológicos de la zona maya en el Clásico Tardío, las piernas de venado se preparaban como ofrendas. Mientras la preparación de su carne en tamales se realizaba para su consumo en banquetes rituales.

Los restos óseos de venado obtenidos en contextos arqueológicos también muestran el uso de este cérvido como materia prima en actividades de manufactura de utensilios. En Teotihuacán, en el barrio de Teopancazco, se encontraron agujas, punzones, cinceles, desbastadores, alisadores y espátulas con hueso trabajado de diversas especies incluyendo venado. El contexto del sitio donde se localizaron, indicaría que se tratan de espacios para la confección de vestimentas rituales utilizadas por grupos de la elite, de acuerdo con lo que se muestra en murales donde aparecen personajes ataviados con indumentarias (Manzanilla *et al*., 2011). En Arroyo Piedras Azules, sitio arqueológico en la costa de Jalisco, se encontraron punzones elaborados con huesos metapodiales de venado cola blanca, que podrían haber sido utilizados para fabricación de vestimentas, uso en telares o perforaciones corporales (Cupul-Magaña y Mountjoy, 2020). El trabajo de los huesos de venado, principalmente metacarpos y los metatarsos, no solo creo utensilios para fines prácticos, también se manufacturaron elementos simbólicos de estatus social o que formaron parte de ofrendas en depósitos rituales de asentamientos mayas (Newman, 2013).

La piel de venado como materia prima se utilizó para la manufactura de productos como escudos, tambores, prendas, huaraches, morrales, cestos, así como códices (Galindo y Weber 1998). Los códices mesoamericanos en la época prehispánica fueron manufacturados de tres elementos básicos: el papel amate, el papel de maguey y la piel de venado. Este último material también fue utilizado para la elaboración de códices novohispanos, sin embargo, como parte de múltiples opciones de materia prima (Martínez, 2015).

A pesar de que algunos trabajos sostienen el manejo en cautiverio del venado cola blanca en poblaciones prehispánicas (Masson y Peraza, 2008), su obtención se favoreció por los diversos grados de modificación del paisaje, al extraer este recurso principalmente en los bosques secundarios y cercanías de los asentamientos, a través de la cacería practicada en milpas o patios sembrados ("*garden hunting*"), los cuales producían alimentos vegetales básicos pero también atraían a la fauna (Götz, 2014; Valadez-Azúa y Rodríguez, 2014; Montero y Varela, 2017). Análisis con isotopos estables de carbono realizados a restos de venado del área maya, muestran un alto porcentaje de maíz en su dieta (25%), lo que indicaría que debieron merodear en áreas agrícolas (Montero y Varela, 2017).

El venado cola blanca fue uno de los animales simbólicos por excelencia en Mesoamérica. Es una de las especies más representada en la iconografía mesoamericana al estar presente en esculturas, cerámicas, murales y códices, en donde su figura se relaciona con un animal totémico, símbolo de regeneración anual y fertilidad, al dueño-protector de los animales y el monte; la representación de la fuerza, velocidad y destreza; a cacerías rituales como un animal idóneo para el sacrificio a los dioses; la representación de las técnicas de caza; con rituales relacionados con la guerra; o con su vínculo con la pubertad femenina y la fecundidad-fertilidad de la tierra (Montolíu, 1976; Montero, 2009; Olivier, 2015; Retana-Guiascón y Lorenzo-Monterrubio 2016). En el caso particular de los códices, su imagen puede estar construida fielmente a su figura natural o con modificaciones pictográficas (Valadez-Azúa, 1990).

Los códices mesoamericanos como fuentes escritas, mencionan aspectos como sus características, su utilidad o su simbolismo. Por ejemplo, Fray Bernardino de Sahagún (2005) en su obra *Historia General de las Cosas de la Nueva España* describe diferentes particularidades sobre su biología: "*hay ciervos en esta tierra* [..] *Viven en las montañas*; *son de gran cuerpo y gruesos, tienen barriga, tienen el pescuezo largo y el hocico largo y delgado; y tienen las orejas largas agudas y cóncavas* [..] *tienen las uñas hendidas, tienen pezuñas; son gruesos de la parte trasera, tienen cola corta y ancha* [..] *comen maíz en hierba y frijoles, y hojas de frijoles, y pacen las hierbas, y las hojas de los árboles, y comen madero podrido, y los gusanos que nacen de los maderos y hojas de arbustos* [..] *los ciervos, muchos tienen cuernos de color madero seco, mudan los cuernos, metiéndolos en una horqueta de árbol para despedirse de ellos* [..] *las ciervas no tienen cuernos. Cuando es chiquillo el ciervo, es pintado de unas pintas blancas por todo el cuerpo*". Así mismo menciona que es un animal con uso alimentario: "*Son de comer, tienen carne sabrosa*". También explica la existencia de un rey de los venados "*Hay un ciervo blanco, dicen que este es el rey de los ciervos; raramente aparece; juntándose a él los otros ciervos*".

En la obra de *Libellus de medicinalibus indorum herbis* escrita por Martín de la Cruz y Juan Badiano en 1552, se documenta la utilización de partes del venado como complemento de preparaciones medicinales para disentería, dolores de pecho, dolor de pecho, para ayudar en el parto, la epilepsia o exceso de sangre en la menstruación (López-

Austin, 2017): dolor de corazón "*Aquel a quien le duele el corazón, o siente en él bochornos, beberá la poción que sigue: hierba nonochton, que nace cerca de los hormigueros, oro, ámbar, teoxíhuitl, chichíltic tapachtli, tetlahuitl, con corazón quemado de venado. Todo se quema y se muele y se da en agua*". Epilepsia "*Cuando es reciente el mal sagrado sirven las piedrecillas que se hallan en el buche del halcón, de los pajarillos huactli y del gallo; la raíz de quetzalatzónyatl, cuerno de venado, incienso blanquecino, incienso blanco, cabello de muerto, carne quemada de topo encerrado en una olla*".

EL VENADO EN EL MÉXICO CONTEMPORÁNEO

La cacería como una práctica tradicional ha mantenido un lugar en la subsistencia, e incluso en lo ritual y lo religioso, dentro del modo de vida de diversas comunidades originarias y campesinas, a pesar de la introducción de diversos animales domésticos durante el proceso de la Conquista y la Colonia, las crecientes tasas de deforestación y la disminución de poblaciones animales. El venado cola blanca sigue representando un recurso natural importante y ampliamente utilizado por pobladores locales en distintos contextos culturales y ecológicos del país (Figura 4), al ser una especie de uso múltiple que principalmente se emplea como alimento, con fines medicinales o comerciales (Ávila-Nájera *et al*., 2018a). Su apropiación se realiza particularmente en territorios que han conservado poblaciones viables de la especie y atributos del hábitat que permiten su permanencia como la disponibilidad de alimento y agua; áreas con cobertura vegetal para apareamiento, nacimiento, crianza, pernoctación, descanso diurno, protección contra las condiciones climáticas y depredadores (Mandujano, 2011).

Investigaciones cuantitativas sobre la cacería realizadas en comunidades del sureste mexicano, región donde se han realizado el mayor esfuerzo para la investigación en esta temática, muestran que es uno de los animales silvestres con un mayor número de individuos capturados (Ramírez y Naranjo, 2007; Santos-Fita *et al*., 2012; Ramírez y Calme, 2015) y uno que llega aportar mayor cantidad de carne para consumo humano (León y Montiel, 2008). En algunos sitios, ha provisto hasta del 50% de la biomasa total de carne de monte extraída por cazadores tradicionales (Ramírez y Naranjo, 2007). Uno de los factores que motivan su ingesta tiene que ver con el sabor, porque en el medio rural mexicano se considera como una de las carnes más sabrosa (López *et al*., 2005). Las formas de preparación varían de acuerdo al mosaico de las cocinas regionales en cuyos platillos tradicionales se encuentran la carne asada, estofado, tamales, chorizo, barbacoa o *pib* maya, pipián, ceviche, guaxmole, asadura, carne seca, mole, carne frita, bistecs, caldo rojo o verde, carne en salsa verde, *tzik* (salpicón yucateco) y *ché chak* (caldo maya).

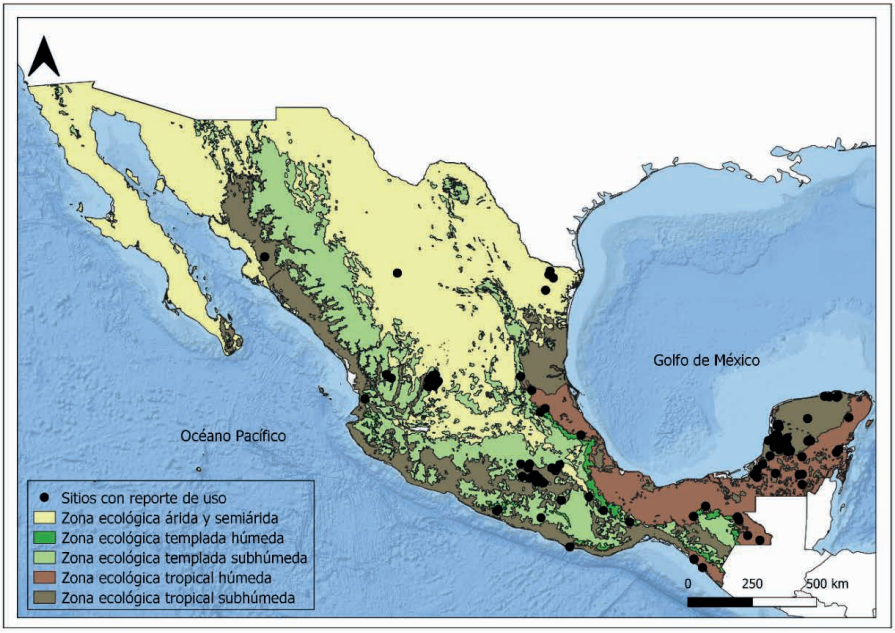


Figura 4. Sitios con reporte del uso tradicional de venado cola blanca en las zonas ecológicas de México.

Elaboración propia a partir de revisión documental. Se tomaron en cuenta estudios con enfoque etnozoológico y afines en el periodo de 2010-2021.

El aprovechamiento se diversifica más allá del uso alimentario, porque diferentes partes anatómicas se utilizan con fines medicinales, paleteros, elaboración de herramientas, ornamentales o incluso se registra el uso de individuos vivos como animales de compañía (Flores *et al*., 2013; Montes *et al*., 2018; López *et al*., 2018; Retana y Padilla, 2018; Ruiz *et al*., 2020).

En la medicina tradicional mexicana, las plantas son el principal recurso, sin embargo, también se emplean ingredientes de origen animal. *Odocoileus virginianus* es uno de los animales silvestres con mayor número de usos terapéuticos en esta práctica cultural, por ejemplo, al utilizar partes como la carne, la grasa, la cornamenta, la sangre, el hígado o el animal completo para el tratamiento de padecimientos relacionados con la fertilidad y el parto, enfermedades cardiovasculares, epilepsia, dolores estomacales, diarrea, dolor muscular o problemas de la vista (Alonso-Castro, 2014).

La piel es materia prima para elaborar diversos objetos con uso doméstico como sandalias, plantillas de zapatos, correas, fajas, sillas, mecedoras, fundas de herramientas, bolsos, tapetes o como adorno. Pero también sirven como alimento para los perros que acompañan las salidas de caza. La cornamenta se utiliza como percheros, para elaborar llaveros, como agujas para componer las monturas de caballos, adornos para los hogares, desgranar las mazorcas o elaborar mangos de cuchillos. Mientras que las patas se emplean

para fabricar fuetes para caballos, destapadores, percheros y llaveros. Las cabezas generalmente son trofeos de cacería. Ocasionalmente cráneos, cornamentas, pieles o dientes son elementos de artesanías (Flores *et al*., 2013; Montes *et al*., 2018; López *et al*., 2018; Retana y Padilla, 2018; Ruiz *et al*., 2020). Entre las partes que son objeto de venta se encuentran pieles, cornamentas, cabezas y principalmente la carne. En la Península de Yucatán su precio oscila entre los $85.00 a $100.00 por kilo (Retana y Padilla, 2018), mientras en comunidades del Noreste es de $150 a $200 pesos mexicanos por kilo (Ruiz *et al*., 2020).

La cacería como parte de la cultura de un grupo social, además de ser considerada como una actividad extractiva para la subsistencia material, también se encuentra enmarcada en una construcción simbólica. Estudios sobre la caza en pueblos de tradición mesoamericana, han documentado que esta práctica puede estar enmarcada en un contexto simbólico al registrar elementos como practicas rituales, creencias y el uso de amuletos durante su praxis (Santos-Fita *et al*., 2015; Herrera-Flores *et al*., 2018).

La cacería ritual de venado para los *wixárikas* es un asunto de prestigio para los hombres y tiene un significado religioso importante, donde la carne se utiliza para ofrendar y fiestas comunales. A pesar de que otros grupos indígenas cercanos han sustituido en sus festejos rituales la carne del cérvido por otros elementos, este grupo cultural continúan con esta práctica simbólica, incluso realizando los trámites burocráticos para la obtención de los permisos de caza o negándose a capturar venados criados en cautiverio, debido a que la cualidad silvestre del animal es importante (Neurath, 2008).

En comunidades del sureste mexicano, rituales como *Loojil Ts'oon* o *Ceremonia de la carabina* permite renovar el permiso divino para la cacería y obtener presas del Señor o Dueño de los animales. En esta ceremonia la carne del venado cola blanca es un elemento en la ofrenda a esta entidad (Santos-Fita *et al*., 2015). Entre los mayas peninsulares, el dueño de los animales es el ser encargado de cuidar que los recursos no se agoten, de castigar a aquellos que no cumplan con las reglas y frecuentemente se asocia con la figura de un venado pequeño o también grande, blanco y que lleva un nido de avispas entre la cornamenta (Santos-Fita *et al*., 2015; Carrillo, 2018). Un paso importante en el ritual *Loojil Ts'oon* es que los cazadores depositen en el monte las mandíbulas limpias de los animales capturados, esto para permitir la renovación de las presas y mantener el ciclo de cacería (Santos-Fita *et al*., 2015).

Los actos rituales para la regeneración del ciclo de la caza, no son exclusivos en el contexto maya. De igual forma se han documentado para grupos mixtecos, huastecos o tlapanecos (Retana y Lorenzo, 2016). En el estado de Guerrero, los indígenas tlapanecos durante la cacería de venado realizan un proceso de ayuno, de obtención de permiso del dueño de los animales, un ritual de recibimiento de la presa y culmina con el depósito de los huesos en el monte y el entierro del estómago e intestinos, elementos que contienen parte del espíritu del animal, siendo necesarios ambos procesos para la renovación de la caza (Dehouve, 2017).

Para diversos cazadores en comunidades campesinas o indígenas, el venado puede traer una piedra en la panza que se convierte en un amuleto para quien la encuentre al abrir al animal y que le permitirá tener suerte en la caza de un número determinado de venados (Carrillo, 2018; Herrera-Flores *et al.*, 2018; Llamas y Ariza, 2018).

EL VENADO COLA BLANCA: UN RECURSO BIOCULTURAL EN SIERRA DE HUAUTLA, MORELOS

"*Cuentan los viejos que desde hace años existe en la Sierra de Huautla un venado guía, es un hermoso ejemplar blanco, que lleva una piedra luminosa en la frente que alumbra el camino y que guía a todos los demás venados cuando se encuentran en peligro, recorre toda la llanura hasta donde encuentra monte; es inmortal, por eso nadie lo ha podido matar... en ocasiones todavía en la quietud de la noche llega a verse la luz y a oírse su andar por la serranía, alumbrando el camino a los demás venados*" leyenda en Huautla, Tlaquiltenango, Morelos (Trujillo, 2012).

En los caminos sinuosos de la región montañosa del sur de Morelos, en el centro de México, se localiza la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), área natural protegida que conserva selva baja caducifolia. Esta se caracteriza por la presencia de árboles y arbustos con una altura promedio de no más de 15 m y marcada estacionalidad, donde la mayoría pierde el follaje en la época seca y lo recupera en los meses de lluvia (Figura 5). Esta característica es una estrategia adaptativa de las especies arbóreas y arbustivas para soportar la poca disponibilidad de agua y evitar su pérdida por evapotranspiración durante el periodo de mayor temperatura y menor precipitación.

Figura 5. Paisaje de la selva baja caducifolia en Sierra de Huautla durante la época de lluvias y secas respetivamente.

Fotos: Raúl Valle

Las 48,798.84 hectáreas de superficie en la REBIOSH resguardan una importante riqueza biológica. Estudios florísticos registran hasta 1,035 especies de plantas vasculares, destacando por su abundancia los copales (Burseraceae) leguminosas (Fabaceae), pastos (Poaceae) y compuestas (Asteraceae) (Arias *et al.*, 2014). Mientras estudios faunísticos reportan 16 especies de peces, 19 de anfibios, 68 de reptiles, 266 de aves y 80 especies de mamíferos (González y Contreras-Macbeath, 2020). En el aspecto social, en la REBIOSH habitan más de 20,000 personas distribuidas en 30 comunidades que pertenecen a los municipios de Amacuzac, Jojutla, Puente de Ixtla, Tlaquiltenango y Tepalcingo (Figura 6). En la relación sociedad-naturaleza, los habitantes de esta región históricamente se han apropiado de los recursos naturales como parte de sus prácticas de manejo y de estrategias de subsistencia. En este contexto, su modo de vida y subsistencia se basa en la práctica de actividades agrícolas, ganaderas, forestales y pesqueras, las cuales se encuentran interrelacionadas con los bienes que proporciona la selva baja caducifolia, donde obtienen diversos productos para autoabasto y la generación de ingresos económicos.

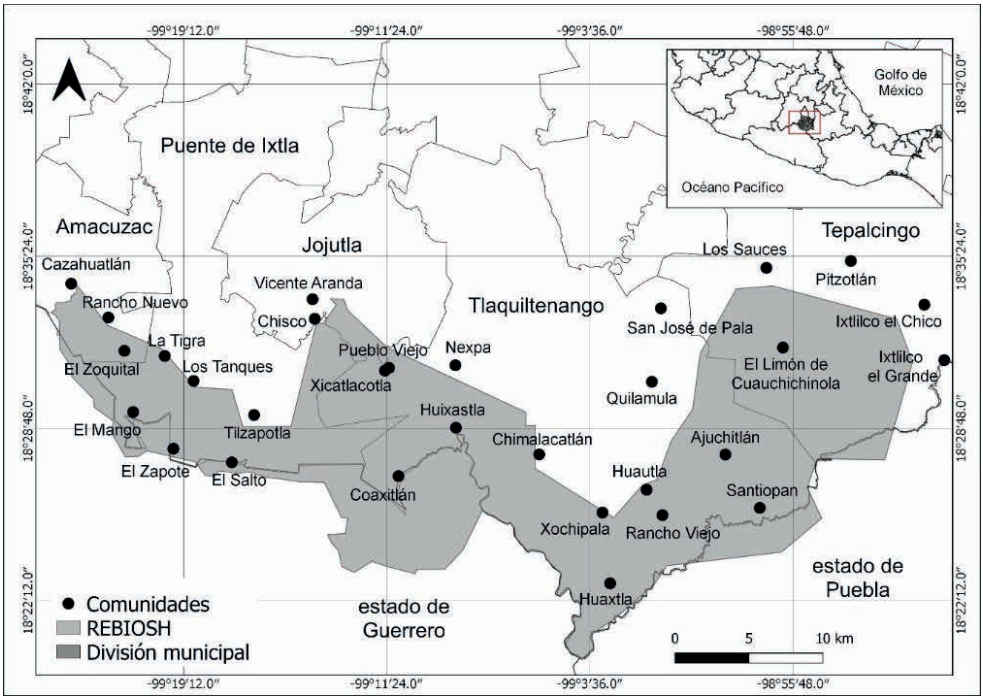


Figura 6. Localización y comunidades de la REBIOSH.

Elaboración propia.

La diversidad de plantas útiles registra un total de 775 especies, las cuales pueden ser cultivadas, toleradas, fomentadas y protegidas en áreas agrícolas, traspatios, huertos, o recolectadas de la vegetación primaria o secundaria de selva baja caducifolia. Esta riqueza etnoflorística se aprovecha para 22 diferentes usos, siendo relevantes por el número de especies las plantas que se emplean con fines medicinales, alimentarios, para la construcción, de forma ornamental o como leña (Alemán, 2020). En comparación con las investigaciones de recursos vegetales y su importancia social, cultural, económica y productiva para las comunidades, tanto a nivel local como regional (Maldonado 1997), el aprovechamiento tradicional de fauna ha recibido menos atención en el análisis de la relación sociedad-naturaleza en esta región.

De acuerdo con datos obtenidos en trabajo de campo y en la revisión de literatura científica, una de las interacciones entre los habitantes locales y la fauna se materializa en la cacería, practica extractiva que permite la obtención de recursos faunísticos. En Sierra de Huautla, esta práctica tradicional registra hasta 44 especies con valor de uso y cambio. La apropiación de animales silvestres, provee de bienes con uso alimentario, medicinal, ornamental, de amuleto, conseguir animales de compañía, materia prima para la elaboración de herramientas o incluso la obtención ocasional de recursos económicos (Cuadro 1) (Figura 7).

ORDEN/FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	VALORES DE USO	PARTES UTILIZADAS
		MAMIFEROS		
Artiodactyla				
Cervidae	*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780	Venado/ Cuernicabra/Ciervo	AL	CAR, VIS, HUE
			ME	SAN, GR, AS, BEZ
			OR	AS, PA, PI, CAB
			AM	BEZ
			HE	AS, PA
			MA	ANC
			ED	-
			VN	PI, CAB
Tayassuidae	*Pecari tajacu* Linnaeus, 1758	Jabalí/Marrano de monte	AL	CAR
			ED	-
			AM	COL
Carnívora				

Procyonidae	*Nasua narica* Linnaeus, 1766	Tejón	AL	CAR, HUE
			ME	GR, ANC
			OR	PI
			AM	PA
			MA	ANC
			ED	-
			VN	ANC
	Procyon lotor Linnaeus, 1758	Mapache/ Kailama	AL	CAR
			AM	PA
			ED	-
	Bassariscus astutus Lichtenstein, 1830	Cacomixtle	ED	-
Mephitidae	*Mephitis macroura* Lichtenstein 1832	Zorrillo rayado	AL	CAR
			ME	CAR
			ED	-
			VN	CAR
	Spilogale gracilis Merriam, 1890	Zorrillo pinto	ME	CAR, GRA, ORI
	Conepatus leuconotus Lichtenstein, 1832	Zorrillo cadeno	AL	CAR
			ME	CAR
			ED	-
			VN	CAR
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775	Zorra	ME	-
			ED	-
			AL	CAR
			VN	CAR
	Canis latrans Say, 1823	Coyote	ED	-
			AM	COL
			ME	CAR, GR, COL
			OR	COL
Lagomorpha				
Leporidae	*Sylvilagus cunicularius* Waterhouse, 1848	Conejo	AL	CAR
			MA	ANC
	Lepus callotis Wagler, 1830	Liebre	AL	CAR
Didelphimorphia				
Didelphidae	*Didelphis virginiana* Kerr, 1792	Tlacuache	AL	CAR
			AM	PA
			ME	CO
			ED	-
Cingulata				

Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus* Linnaeus, 1758	Armadillo	AL	CAR
			ME	GR, CAP, CAR
			OR	CAP
Rodentia				
Sciuridae	*Sciurus aureogaster* PF. Cuvier, 1829	Ardilla	AL	CAR
		AVES		
Columbiformes				
Columbidae	*Zenaida asiática* Linnaeus, 1758	Paloma de alas blancas/ cocolera/ huilota	AL	CAR
	Zenaida macroura Linnaeus, 1758	Huilota	AL	CAR
			VN	CAR
	Columbina inca Lesson, 1847	Tórtola	AL	CAR
			MA	ANC
	Columbina passerina Linnaeus, 1758	Cocoquita/ tortola	AL	CAR
	Leptotila verreauxi Bonaparte, 1855	Paloma/ Barranquera/ Pedorra	AL	CAR
Galliformes				
Odontophoridae	*Philortyx fasciatus* Gould, 1844	Codorniz/ Churrunda	AL	CAR
			MA	ANC
Cracidae	*Ortalis poliocephala* Wagler, 1830	Chachalaca/ Paita/ Cuira	AL	CAR
			MA	ANC
Cuculiformes				
Cuculidae	*Geococcyx velox* Wagner, 1836	Correcaminos	ME	CAR
Piciformes				
Picidae	*Melanerpes chrysogenys* Vigors, 1839	Carpintero/ La chica	ME	ANC
Passeriformes				
Turdidae	*Turdus rufopalliatus* Lafresnaye, 1840	Primavera	AL	CAR
Passerellidae	*Peucaea ruficauda* Bonaparte, 1853	Comadrita	AL	CAR
	Peucaea humeralis Cabanis, 1851	Campanero	AL	CAR
Anseriformes				
Anatidae	*Anas spp.*	Pato	AL	CAR
			MA	ANC
Falconiformes				
Falconidae	*Caracara plancus* Miller, JF, 1777	Quebrantahuesos	ED	-

Accipitriformes				
Accipitridae	*Buteo nitidus* Latham, 1790	Gavilán pollero	ED	-
	Buteo jamaicensis Gmelin, JF, 1788	Gavilán colorado	ED	-
	Parabuteo unicinctus Temminck, 1824	Aguililla (Pr)*	ED	-
Cathartiformes				
Cathartidae	*Coragyps atratus* Bechstein, 1793	Zopilote	ME	CAR
	Cathartes aura Linnaeus, 1758	Zopilote, aura	ME	CAR
Pelecaniformes				
Ardeidae	*Ardeidae sp.*	Garza	AL	CAR
		REPTILES		
Squamata				
Iguanidae	*Ctenosaura pectinata* Wiegmann, 1834	Iguana (A)*	AL	CAR
			ME	CAR, SAN
			MA	ANC
			VN	CAR, ANC
Viperidae	*Crotalus culminatus* Klauber, 1952	Víbora de cascabel	AL	CAR
			ME	CAR, PI, HIE
			OR	PI
			MA	ANC
			VN	ANC
			ED	-
Elapidae	*Micrurus laticollaris* Peters, 1870	Coralillo	ED	-
Boidae	*Boa constrictor* Linnaeus, 1758	Mazacuate	ED	-
			OR	PI
Testudines				
Kinosternidae	*Kinosternon integrum* PR Le Conte, 1925	Tortuga (Pr)*	AL	CAR
			ED	-
			ME	ANC, SAN
		ANFIBIOS		
Anura				
Bufonidae	*Rhinella marina* Linnaeus, 1758	Sapo	ME	ANC
	Anaxyrus punctatus Baird & Girard, 1852	Sapo	MA	ANC
Hylidae	*Agalychnis dacnicolor* Cope, 1864	Rana	ME	ANC
		INSECTOS		
Orthoptera				

Pyrgomorphidae	*Sphenarium sp.*	Chapulín/ Contapa	AL	ANC
Hemiptera				
Pentatomidae	*Euschistus sulcacitus* Rolston, 1974	Jumil/ Chumil	AL	ANC
		PECES		
Siluriformes				
Ictaluridae	*Ictalurus balsanus* (Jordan & Snyder, 1899)	Bagre	AL, VN	CAR

Valores de uso: AL=alimento, ME=medicina, OR=ornamental, AM=amuleto, HE=herramienta, MA=mascota, ED=especie dañina, VN=venta.

Partes utilizadas: CAR=carne, VIS=vísceras, HUE=huesos, SAN=sangre, GR=grasa, AS=astas, BEZ=bezoar, PA=patas, PI=piel, CAB=cabeza, ANC=animal completo, COL=colmillos, HUE=huevos, ORI=orina, CO=cola, CAP=caparazón, HIE=hiel.

*Categoría de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr= protección especial, A=amenazada.

Cuadro 1. Fauna con valor de uso y cambio en la REBIOSH

Fuente: trabajo de campo y revisión de literatura (Bello 2015; Velarde y Cruz 2015; García-Flores *et al.*, 2018; Hernández-Tapia *et al.*, 2018; Juárez-Mondragón, 2019).

Figura 7. Ejemplos de bienes obtenidos de la fauna en Sierra de Huautla. A) carne de iguana (*Ctenosaura pectinata*), B) salsa verde con carne de conejo, C) salsa verde con carne de codorniz, D) guisado de tejón, E) conejo capturado (*Sylvilagus cunicularius*), F) tejón capturado (*Nasua narica*), G) codorniz como animal de compañía (*Philortyx fasciatus*), H) carne seca de víbora de cascabel (*Crotalus culminatus*) para uso medicinal.

Fotos: A, B, C, D, E, F, G, Raúl Valle; H, Mónica Bello Román.

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una de las especies preferida y apreciada en la apropiación de fauna en Sierra de Huautla, en la cual se enfoca la normatividad institucional y comunitaria (Velarde y Cruz, 2015; Juárez-Mondragón, 2019; García-Flores *et al*., 2018). Representa un recurso faunístico de uso múltiple que principalmente es buscado por su aporte de carne, pero también provee de productos que se utilizan con fines medicinales, ornamentales o como materia prima para la elaboración de herramientas (Velarde y Cruz, 2015; García et al., 2018) (Figura 8).

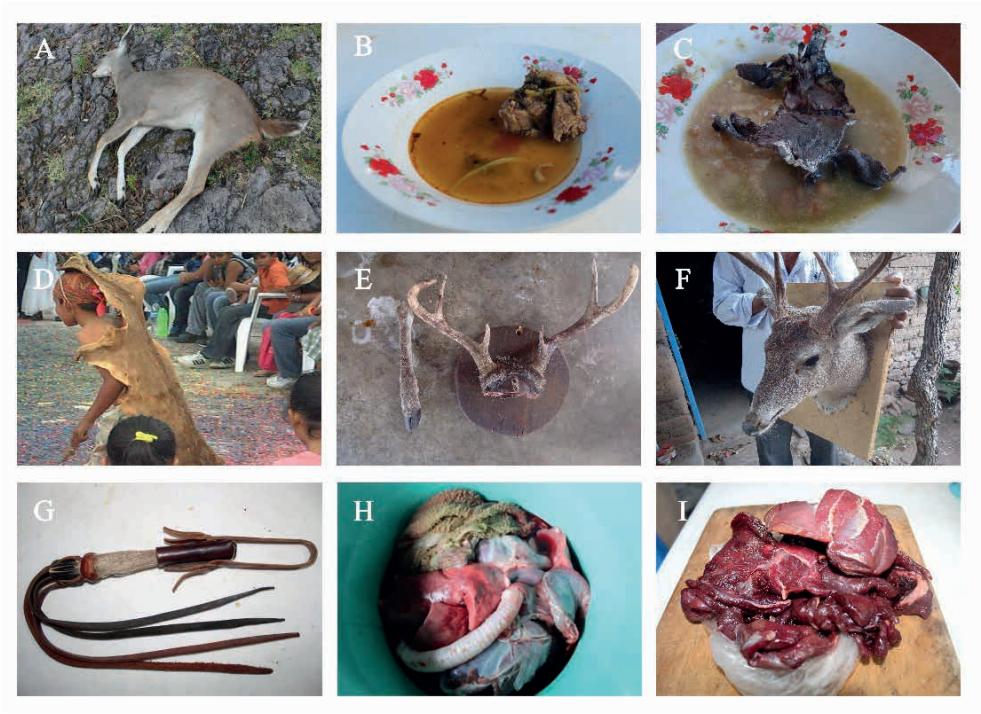


Figura 8. Formas de uso del venado cola blanca en Sierra de Huautla, Morelos, México: a) venado capturado, b) platillo conocido como guaxmole, c) carne seca con frijoles, d) niño con piel de venado durante baile en evento escolar, e) cornamenta y pata como adornos en pared, f) trofeo de caza, g) fuete para caballos elaborado con pata de venado, h) vísceras, i) carne recién obtenida.

Fotos: A, B, C, E, F, G, H, I, Raúl Valle; D, Mónica Bello Román.

En la región el principal valor de uso de la fauna es el alimentario, al categorizar más de la mitad de especies registradas (63.8%). En este contexto, los animales silvestres proveen de proteína animal a la dieta como parte de la cultura alimentaria de los habitantes. En el caso del venado cola blanca, la poca evidencia arqueológica en la región muestra que fue incluido en la dieta de pobladores en antiguos asentamientos humanos (1330 y el 1070 a. n. e.) (Grove, 2010). Actualmente este valor de uso se basa en la ingesta de la carne y vísceras, mediante la preparación de diversos platillos de la cocina tradicional regional como caldos, salsas, bistecs, adobo, carne frita, carne seca o asadura (García-Flores *et al*., 2018)

Los pobladores locales, además utilizan partes del venado con fines terapéuticos como la carne, la sangre, la grasa, la cornamenta y el bezoar para el tratamiento de enfermedades físicas relacionadas con el sistema ocular, osteomuscular, respiratorio, circulatorio, nervioso y padecimientos de filiación cultural como “el aire” y “el frio” en la práctica de la medicina tradicional (Cuadro 2). La cabeza se utiliza para elaborar trofeos de caza y colgarlos en la pared de los hogares. Las astas pequeñas se utilizan como agujas para componer las monturas de los caballos, mientras la extremidad superior con astas ramificadas se utiliza para la elaboración de percheros. Su piel se puede emplear como tapetes o para elaborar correas. Las patas se utilizan en la elaboración de fuetes para los caballos y de percheros.

Especie	Enfermedad	Parte aprovechada	Modo de empleo
Odocoileus virginianus	Hipertensión	Sangre	La sangre se ingiere fresca o seca diluida en jugo de frutas
	Bronquitis y asma	Grasa	La grasa es usada como ungüento que es aplicada en el pecho del enfermo
	Epilepsia	Sangre	Se ingiere la sangre del animal, preferentemente fresca poco después de capturar al animal
	Aire en infantes	Bezoar gastrointestinal	Se realiza una limpia al infante con el bezoar por todo el todo cuerpo
	Dolor de cabeza	Astas	Se realiza un masaje sobre la cabeza con un pedazo de asta
	Dolor de espolón calcáreo	Astas	Se realiza un masaje sobre el área del espolón con un pedazo de asta
	Frio en articulaciones	Grasa	La grasa se unta sobre las articulaciones afectadas
	Mala vista	Carne, sangre	Se consume su carne y sangre
	Anemia	Sangre	Se consume su sangre
	Dolores musculares	Grasa	Se aplica en zonas afectadas
	Tos	Grasa	Sin especificar modo de uso
	Frio	Grasa	Sin especificar modo de uso

Cuadro 2. Usos medicinales del venado cola blanca en Sierra de Huautla.

Fuente: trabajo de campo y revisión de literatura (Bello 2015; Velarde y Cruz 2015; García-Flores *et al.* 2018; Hernández *et al.* 2018; Juárez, 2019).

La importancia sociocultural de este mamífero va más allá de su aporte material para la subsistencia, ya que alrededor de esté se forman espacios que ayudan a la cohesión comunitaria mediante la práctica de arreadas, modalidad de cacería grupal que se conciben como espacios de socialización, esparcimiento y recreación entre habitantes locales o de otras comunidades. Así mismo su carne de venado se prepara en eventos sociales con contextos particulares, como las reuniones comunitarias o en el recibimiento de autoridades locales o servidores públicos de programas gubernamentales (Velarde y Cruz, 2015). El obsequio de bienes obtenidos de la fauna, incluyendo al venado cola blanca, es concebido en algunas localidades de la región como una actividad que refuerza amistades o permite cerrar tratos (Velarde y Cruz, 2015).

CONSIDERACIONES FINALES

El venado cola blanca es una de las especies más carismáticas de la fauna mexicana. Históricamente ha representado un elemento importante de la cultura de las comunidades campesinas e indígenas de nuestro país, porque les proporciona un complemento de proteína para la dieta, pero también forma parte de su cosmovisión al ser personaje de leyendas, ritos o ceremonias. Las políticas públicas mexicanas referentes a la conservación y aprovechamiento de la vida silvestre tienen que contextualizarse en la importancia biocultural que la fauna tiene para las comunidades tradicionales, como es el caso del venado cola blanca, particularmente en el marco en que las estrategias de desarrollo rural y conservación enfocadas a la vida silvestre se han orientado únicamente hacia su mercantilización.

REFERENCIAS

Alemán, A. [CIByC-UAEM] (2020). *M en C. Angélica Alemán: El uso de los recursos naturales para alimento, medicina y combustible* [Archivo de video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=J_MLO1v1iqs

Alonso-Castro A. 2014. Use of medicinal fauna in Mexican traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 152, 53-70.

Alves, R. y Albuquerque, U. (2018). *Ethnozoology: Animals in our lives*. Cambridge: Academic Press.

Amador, J. (2018). El simbolismo mítico de los animales en el arte rupestre del Desierto de Sonora y su relación con las tradiciones mesoamericanas y del suroeste de los Estados Unidos. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324015287_El_SIMBOLISMO_MITICO_DE_LOS_ANIMALES_EN_EL_ARTE_RUPESTRE_DEL_DESIERTO_DE_SONORA_Y_SU_RELACION_CON_LAS_TRADICIONES_MESOAMERICANAS_Y_DEL_SUROESTE_DE_LOS_ESTADOS_UNIDOS

Arias, D., Barona, C. y Dorado, O. (2014). *Una mirada a la biodiversidad y conservación de Morelos desde un enfoque educativo*. Cuernavaca: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Ávila-Nájera, D.M., David-Mendoza, G., Villarreal, O. y Serna-Lagunes, R. 2018b. Uso y valor cultural de la herpetofauna en México: una revisión de las últimas dos décadas (1997-2017). *Acta Zoológica Mexicana nueva serie*, 34(1),1-15.

Ávila-Nájera, D.M., Naranjo, E.J., Tigar, B.J., Villarreal, O.A. y Mendoza, G.D. 2018a. An Evaluation of the Contemporary Uses and Cultural Significance of Mammals in Mexico. *Ethnobiology Letters*, 9(2), 124-135.

Bello, M. (2015). *Uso tradicional de la fauna silvestre en la comunidad el Zoquital (Amacuzac) en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México.

Boege, E. (2008). *El Patrimonio Biocultural de los Pueblos Indígenas de México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas México.

Caballero J. y Cortés, L. (2001). Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. Recuperado de https://www.uv.mx/ethnobotany/caballero_files/caballero%20y%20cortes%20 20001%20Plant.Cult.%20Soc.pdf

Carrillo, F. (2018). Las configuraciones mayas del *Ts'ip*. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*, 272, 50-63.

Casas, A., Torres-Guevara, J. y Parra, F. (2017). *Domesticación en el Continente Americano (vol. 2)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Nacional Agraria La Molina.

CONABIO. (2017). *Síntesis (actualizada a 2017) de Capital natural de México*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Apendice_sintesis_CNM_2017.pdf

CONABIO. 2020. Hongos y líquenes medicinales. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/medicinal/hongos-liquenes

Corona, E. (2008). Las aves como recurso curativo en el México antiguo y sus posibles evidencias en la arqueozoología. *Archaebios*, 2.

Cupul-Magaña, F. y Mountjoy, J. (2020). Punzones de hueso de *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) de un depósito arqueológico del Posclásico temprano en la costa de Jalisco, México. *Mammalogy Notes*, 6(1).

Dehouve, D. (2017). Les rituels cynégétiques des indiens mexicains. Recuperado de https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00078861/document#page=199

Flores, A., González, G.E., Vázquez, M. y Manzanero, G.I. (2013). Conocimiento y usos de *Odocoileus virginianus* en Santo Domingo, Tonalá, Oaxaca. *Therya*, 4,103-12.

Galindo, C. y Weber, M. (2005). Venado cola blanca. En: Ceballos, G. y Oliva, G. (eds.), *Los mamíferos silvestres de México* (pp. 517-521). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fondo de Cultura Económica.

Gallina, S. y Mandujano, S. (2009). Research on ecology, conservation and management of wild ungulates in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 2, 116–127.

García, A., Valle, R. y Monroy, R. (2018). Aprovechamiento tradicional de mamíferos silvestres en Pitzotlán, Morelos, México. *Revista Colombiana De Ciencia Animal – RECIA*, 10, 111-123.

González-Flores, L. y Contreras-MacBeath, T. (2020). Áreas Naturales Protegidas. En: CONABIO, UAEM, SDS, COBIDIO. (eds), *La biodiversidad del estado de Morelos. Estudio de estado 2. Vol. 1*. (pp. 333-345). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Götz, C. (2014). La alimentación de los mayas prehispánicos vista desde la zooarqueología. *Anales de antropología*, 48 (1), 167-199.

Götz, C. y Emery, K. (2014). *The Archaeology of Mesoamerican Animals*. Atlanta: Lockwood Press.

Grove, D. (2010). Morelos, la cuna de la famosa cultura de Tlatilco (1200-900 a.C.). En: López, S.L. (coord.). *Historia de Morelos. Tomo II. La arqueología en Morelos. Dinámicas sociales sobre las construcciones de la cultura material* (pp. 43-65). México: Navarro editores.

Hernández-Tapia, R., Valverde, T., Aranda, A., Martínez-Peralta, C. y Platas-Neri, D. 2018. Traditional Knowledge as a Basis for the Development of a Sustainable Resource Management Program: A Case Study in a Rural Village in Morelos, Mexico. *Ethnobiology Letters*, 9, 1-11.

Herrera-Flores, B., Santos-Fita, D., Naranjo, E. y Hernández-Betancourt, S. (2018). Creencias y prácticas rituales en torno a la cacería de subsistencia en comunidades del norte de Yucatán, México. *Etnobiología*,16, 5-18.

Juárez-Mondragón A. 2019. *Prácticas de aprovechamiento en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) del sur de Morelos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

León, P. y Montiel, S. (2008). Wild Meat Use and Traditional Hunting Practices in a Rural Mayan Community of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Human Ecology*, 36, 249-257.

Lira, R., Casas, A. y Blancas, J. (2016). *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. New York: Springer.

Llamas, E. y Ariza, T. (2019). Piedras bezoares entre dos mundos: de talismán a remedio en el septentrión novohispano, siglos XVI-XVIII. *Historia Crítica*, 73, 43-64.

López, C., Zazueta, A. y Porras, A. (2005). Notas sobre el aprovechamiento del medio ambiente nortense: reconocimiento del terreno, inicio de la cacería. *Ra Ximhai*, 1 (1), 39-50.

López, M., Bustamante, A., Vargas, S., Morales, J., Pérez, N., Guadarrama, R. y Díaz, H. (2018). Conocimiento y aprovechamiento local del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en Iliatenco, Guerrero. *Agroproductividad*,11(10),127-132.

Maldonado, B.J. (1997). *Aprovechamiento de los recursos florísticos de la Sierra de Huautla Morelos, México*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Mandujano, S. (2010). *Venados, animales de los dioses*. Xalapa: Secretaría de Educación de Veracruz.

Mandujano, S. (2011). Consideraciones para el manejo el manejo del venado cola blanca en UMA extensivas en bosques tropicales. En: Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E. y Moya, H. (eds), *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México*. Ciudad de México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales,

Manzanilla, L., Rodríguez, B., Pérez, G. y Valadez-Azua, R. (2011). Arqueozoología y manufactura de vestimentas rituales en la antigua ciudad de Teotihuacán, México. *Arqueología*, 17, 225-250.

Martínez, C. (2015). Los códices prehispánicos y novohispanos en Mesoamérica como objetos de la escritura. *Bibliotecas anales de investigación*, 11, 32-49.

Masson, M. y Peraza, C. (2008). Animal use at the Postclassic Maya center of Mayapán. *Quaternary International*, 191 (1), 170-183.

Montero, C. (2009). Sacrifice and feasting among the classic maya elite, and the importance of the white-tailed deer: is there a regional pattern? *Journal Historical and European Studies*, 2, 53-68.

Montero, C. y Varela, C. (2017). ¡Tamales para todos! El consumo del venado y perro doméstico en los banquetes de Chinikihá. *Anales de antropología*, 51 (2), 183-191.

Montes, R., Ek, P., Aguilar, W., Magaña, J. y Montes, F. (2018). Cacería de venados *Odocoileus virginianus*, *Mazama americana* (Artiodactyla: Cervidae) en tres comunidades de Yucatán. *Abanico Veterinario*, 8(1), 91-101.

Montolíu, M. (1976). Algunos aspectos del venado en la religión de los mayas de Yucatán. *Estudios de cultura maya*, 10, 149-172.

Moreno-Calles, A., Toledo, V. y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.

Neurath, J. (2008). Cacería rituales y sacrificios huicholes: Entre depredación y alianza, intercambio e identificación. *Journal de la Société des Américanistes*, 94(1), 251-283.

Newman, S. (2013). Animales como artefactos: el uso ritual de los restos de fauna por los antiguos mayas. Recuperado de http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/07/Simp26-47-Newman.pdf

Olivier, G. (1999). La fauna en la cosmovisión mesoamericana. *Arqueología mexicana*, 35, 4-14.

Olivier, G. (2015). *Cacería, sacrificio y poder en Mesoamérica. Tras las huellas de Mixcóatl, "Serpiente de Nube"*. México: Fondo de Cultura Económica, Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos.

Ramírez, J. y Calme, S. (2015). Subsistence Hunting and Conservation. En: Islebe, G., Calme, S., León, J. y Schmook, B. (editors), *Biodiversity and conservation of the Yucatán Peninsula* (pp. 333-354). New York: Springer International Publishing.

Ramírez, P. J. y Naranjo, E. J. (2007). La cacería de subsistencia en una comunidad de la zona Maya, Quintana Roo, México. *Etnobiología*, 5, 65-85.

Retana, O. y Lorenzo, C. (2016). Valor Cinegético y Cultural del Venado Cola Blanca en México. *Etnobiología*, 14 (3), 60-70.

Retana, O. y Padilla, S.E. (2018). Cacería y aprovechamiento del venado cola blanca por indígenas mayas. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 21, 283-294.

Retana, O.G. (2006). *Fauna silvestre de México. Aspectos históricos de su gestión y conservación*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, Universidad Autónoma de Campeche.

Rodríguez-Galicia, B., Valadez-Azúa, R. y Cabrero-García, M.T. (2012). Arqueofauna del sitio El Piñón, Cultura Bolaños, Jalisco, México. *Revista Del Museo De Antropología*, 5(1), 203–212.

Ruiz, E., Romero, G. y Márquez, I. E. (2020). Knowledge and perception of the withe-tailed deer in rural communities in northeastern Mexico: Implications for its management and conservation. *Revista Bio Ciencias*, 7.

Sahagún, B. de. (2005). *Fauna de Nueva España*. México: Fondo de Cultura Económica.

Santos-Fita, D, Naranjo, E.J. y Rangel, J.L. (2012). Wildlife uses and hunting patterns in rural communities of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8(38).

Santos-Fita, D., Naranjo, E., Estrada, E., Mariaca, R. y Bello, E. (2015). Symbolism and ritual practices related to hunting in Maya communities from central Quintana Roo, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 71-83.

Toledo, V., Barrera-Bassols, N. y Boege, E. (2019). *¿Qué es la diversidad biocultural?* Morelia, Michoacán: Universidad Nacional Autónoma de México.

Valadez Azúa, R. (2016). Importancia de la domesticación animal en la antigua ciudad de Teotihuacán. *Antropología Americana*, 2 (4), 103-125.

Valadez, R. y Rodríguez, B. (2014). Uso de la fauna, estudios arqueozoológicos y tendencias alimentarias en culturas prehispánicas del centro de México. *Anales de Antropología*, 48, 139–166.

Valadez-Azúa, R. (1990). La figura del venado en códices mexicanos. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Raul-Valadez/publication/304828692_La_figura_del_venado_en_codices_mexicanos/links/577c141208ae355e74f16a6a/La-figura-del-venado-en-codices-mexicanos.pdf

Valenzuela, D., Dorado, O. y Ramírez, R. (2010). Sierra de Huautla, Morelos. Guerrero, Puebla. En: Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury, J. y Dirzo, R. (eds), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México* (pp. 477-481). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Velarde, S. y Cruz, A. (2015). La fauna silvestre y su relación con el bienestar de tres comunidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. *Etnobiología*,13: 39-52.

CAPÍTULO 10

PERSPECTIVA Y REALIDAD DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS: ESTUDIO DE CASO EN UNA ESCUELA DEL MUNICIPIO DE GRANITO - PE

Data de submissão: 06/06/2024 *Data de aceite: 01/07/2024*

Jeovane Henrique de Souza
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/2731579996944249

Ivo Gustavo de Paiva Siqueira
Universidad Federal de Alagoas – UFAL
http://lattes.cnpq.br/5214833384558555

Francisca Neciana Leite Cavacante
Universidad Cristiana Ivy Enber
https://lattes.cnpq.br/9529262074136198

José Weverton Almeida-Bezerra
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/5570296179611652

Gabriela Bezerra de Morais
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/0304685137596492

Francisca de Fátima Silva de Sousa
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/1137780471572137

Raquel Furtado dos Santos Moura
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/4338464292850824

Maria Véria Furtado de Sousa
Universidad Cristiana Ivy Enber
https://lattes.cnpq.br/5357564967275296

Ademar Maia Filho
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/9570480278376163

Janete de Souza Bezerra
Universidad Estatal de Ceará – UECE, Fortaleza – CE
http://lattes.cnpq.br/4507177282414507

Rosana da Silva Machado
Universidade do Vale do Itajaí
http://lattes.cnpq.br/4154979318746901

Luiz Marivando Barros
Universidad Regional de Cariri – URCA, Crato – CE
http://lattes.cnpq.br/7040134412713009

RESUMEN: La enseñanza de las ciencias es de suma importancia para que las personas puedan comprender los fenómenos de la naturaleza, la sociedad, la tecnología y puedan contribuir, de manera positiva, al desarrollo de la sociedad. Enseñar ciencias en la escuela primaria es divertido, ya que es en esta etapa de la vida cuando los niños

y adolescentes constantemente hacen preguntas y el docente debe estar preparado para resolver estas dudas. En este momento, el profesor necesita instigar cada vez más la curiosidad de los estudiantes, ayudándoles a observar, formular hipótesis, experimentar, interpretar los resultados obtenidos y, finalmente, llegar a una conclusión. En la escuela Nossa Senhora do Bom Conselho, en el municipio de Granito Pernambuco, objeto de este estudio. En esta institución se realizó una investigación de campo, de carácter cualitativa y exploratoria, en la que se buscó evaluar cómo los docentes de ciencias están enseñando esta materia y si están instigando cada vez más la curiosidad de sus estudiantes, debido a que la enseñanza de las ciencias es de gran importancia. . Se encontró que los profesores necesitan despertar la curiosidad de los estudiantes, animarlos a producir su propio conocimiento y enviarlos a la escuela secundaria como personas autónomas de sus propias ideas. La enseñanza de las ciencias, en la escuela estudiada, así como en varias otras en todo Brasil, todavía no se desarrolla como debería, pero la escuela está trabajando para mejorar y lograr la educación científica deseada.
PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las Ciencias, Alfabetización Científica, Enseñanza, Educación Primaria.

PERSPECTIVA E REALIDADE DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ESTUDO DE CASO EM UMA ESCOLA DO MUNICÍPIO DE GRANITO – PE

RESUMO: O ensino de ciências é de suma importância para que as pessoas possam entender os fenômenos da natureza, sociedade, tecnologia, e possam vir a contribuir, de forma positiva, no desenvolvimento da sociedade. Ensinar ciências no ensino fundamental é prazeroso, pois é nessa etapa da vida que a criança e o adolescente fazem perguntas constantemente e que o professor precisa estar preparado para sanar essas dúvidas. Nesse momento, o docente necessita instigar cada vez mais a curiosidade dos alunos, auxiliando-os a observar, formular hipóteses, experimentar, interpretar resultados obtidos e, finalmente, chegar a uma conclusão. Na escola Nossa Senhora do Bom Conselho, no município de Granito Pernambuco, objeto deste estudo. Nesta instituição foi realizada uma pesquisa de campo, de cunho qualitativo e exploratório, onde procurou-se avaliar como os professores de ciências estão ministrando essa disciplina e se estão instigando cada vez mais a curiosidade dos seus discentes, devido ao ensino de ciências ser de grande relevância para a sociedade, e o professor dessa área ter uma contribuição bastante notória para formar cidadãos críticos capazes de contribuir para a sociedade. Constatou-se que os docentes precisam fazer com que os alunos sejam mais curiosos, incentivá-los a produzir seus próprios conhecimentos e encaminhá-los para o ensino médio como pessoas autônomas de suas próprias ideias. O ensino de ciências, na escola estudada, assim como em várias outras pelo Brasil, ainda não acontece como deveria, mas a escola está trabalhando para melhorar e alcançar a educação científica desejada.
PALAVRAS-CHAVE: Ensino De Ciências, Alfabetização Cientifica, Docência, Ensino Fundamental.

PERSPECTIVE AND REALITY OF SCIENTIFIC EDUCATION IN SCIENCE TEACHING: CASE STUDY IN A SCHOOL IN THE MUNICIPALITY OF GRANITO – PE

ABSTRACT: The teaching of science is of paramount importance so that people can understand the phenomena of nature, society, technology, and can contribute positively to the development of society. Teaching science in elementary school is pleasurable, because it is at this stage of life that the child and the adolescent constantly ask questions and that the teacher needs to be prepared to heal these doubts. At that moment, the teacher needs to instill more and more curiosity of the students, helping them to observe, formulate hypotheses, experiment, interpret results obtained and, finally, reach a conclusion. At the Nossa Senhora do Bom Conselho school, in the municipality of Granito Pernambuco, the object of this study. In this institution a qualitative and exploratory field research was carried out, where it was tried to evaluate how the science teachers are ministering this discipline and if they are instigating more and more the curiosity of its students, due to the science teaching being of great relevance for society, and the teacher in this area has a notorious contribution to forming critical citizens capable of contributing to society. It was found that teachers need to make students more curious, encourage them to produce their own knowledge and refer them to high school as autonomous people of their own ideas. Science education at the school studied, as well as in many others in Brazil, is not yet as it should, but the school is working to improve and achieve the desired scientific education.
KEYWORDS: Science Teaching, Scientific Literacy, Teaching, Elementary School.

INTRODUCCIÓN

Brasil ha progresado mucho en la educación básica, pero aunque este avance sea notable, aún es necesario que invierta más en políticas públicas, especialmente en el área de la educación científica (DEMO, 2014). Es vital que los alumnos salgan de las escuelas como pensadores, reflexivos, cuestionadores, de manera que puedan actuar directamente en la sociedad mejorando la calidad de vida de su municipio, estado o país, para tener una educación que realmente trascienda los muros de la escuela, de modo que el conocimiento no quede retenido en un determinado grupo de personas, sino que esté al alcance de toda la sociedad.

Se sabe que es muy difícil para un profesor trabajar con sus alumnos la educación científica; esto ocurre debido a varios factores: falta de infraestructura en algunas escuelas, como laboratorios que puedan ser utilizados para investigaciones, instigando al alumno a buscar su propio conocimiento, y la falta de profesores cualificados para asumir la disciplina de ciencias, educadores que produzcan conocimiento para que puedan instigar a los alumnos a construir el suyo propio. La escuela debe enfocarse en la educación científica a través de materiales didácticos que posean lenguaje científico para que los estudiantes desde temprano tengan contacto con los conocimientos científicos (MALAFAIA, 2008).

Cambiar la enseñanza de un momento a otro es muy difícil, ya que se requieren ciertas condiciones. Demo (2010) menciona seis condiciones para que la educación científica se arraigue definitivamente en la escuela. La primera de ellas es superar el instruccionismo, de manera que los profesores utilicen textos de su autoría, pues solo tendremos una educación científica propiamente dicha cuando los docentes produzcan textos propios, no de reproducción textual. El segundo punto es la habilidad científica en el profesor, donde este es capaz de producir sus propios textos utilizando el lenguaje científico, entonces el problema no siempre es el alumno, sino el profesor, ya que este no está preparado para ayudar a los estudiantes a producir, debido a que no es capaz de producir su propio conocimiento.

El tercer punto es el ambiente escolar enfocado en la educación científica, ya que esta debe preparar ambientes que tengan lenguaje y experimentos científicos, seleccionando los materiales didácticos, de modo que estos posean la debida cientificidad. El cuarto punto es la oportunidad de experimentos científicos, dentro y fuera de la escuela, de manera que los docentes puedan trabajar con sus alumnos el conocimiento científico de forma clara y evidente. El quinto punto es la didáctica de la problematización, donde el profesor impondrá desafíos a ser solucionados utilizando el método científico, recreando los contextos de algo y llevándolo a su vida. Y por último, el sexto punto, que incluye materiales didácticos, que deben estar dotados de lenguaje científico y no ser libros completos y acabados, donde el alumno no necesita pensar, sino que estos sean elaborados de acuerdo con el nivel de lenguaje del estudiante (Demo, 2010).

Es necesario que los docentes revisen sus metodologías, dado que la educación está cambiando. Hoy, se debe proporcionar a los alumnos medios que despierten la curiosidad, que involucren cuestiones de su día a día, y que puedan interferir de forma positiva en la transformación de su vida cotidiana y de la sociedad donde viven a través del conocimiento científico. Debido a que la educación científica es necesaria para los alumnos, hay necesidad de más estudios sobre el tema, ya que aún falta mucho camino por recorrer para tener una educación que lleve al alumno más allá de los conocimientos transmitidos por el profesor.

Sasseron y Carvalho (2016) presentan la educación científica como una educación capaz de desarrollar en cualquier persona habilidades para pensar y organizar ideas, ayudando a formar o reformar un pensamiento más crítico sobre el mundo que nos rodea. A partir de lo presentado, se comprende que los profesores ejercen un papel fundamental para instigar al alumno a ser cuestionador, investigador, pensante, de modo que puedan reconstruir o construir conceptos. En esta perspectiva, se hizo necesario investigar la siguiente cuestión: cómo los profesores de la escuela Nossa Senhora do Bom Conselho, ubicada en la ciudad de Granito-PE, están trabajando la educación científica en la enseñanza de ciencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Estatal Nossa Senhora do Bom Conselho, ubicada en la ciudad de Granito-PE, ubicada en la Avenida José Saraiva Xavier en el centro de la ciudad. El colegio, antes de pertenecer al estado, era un colegio privado en 1969; años después pasó a formar parte del municipio y el 25 de abril de 1988, mediante el decreto 12.936, pasó a formar parte del estado. Fue construido para dar servicio al antiguo gimnasio, siendo proporcionado por el municipio incluso después del proceso de estatalización hasta la actualidad (FONTES DA ESCOLA).

La escuela recibe estudiantes de la ciudad y zonas rurales del municipio, funcionando en tres turnos. En el turno matutino el colegio recibe 230 alumnos de la escuela primaria II, en el turno vespertino 117 alumnos de secundaria, y en el turno vespertino el colegio atiende a 12 alumnos de la escuela secundaria normal (escuela de magisterio), atendiendo así a 359 alumnos. El plantel docente está compuesto por 4 docentes permanentes y 7 docentes contratados, para un total de 11 docentes (FUENTES ESCOLARES).

Instrumento y procedimento e Análisis de datos

En esta institución se realizó una investigación de campo, de carácter cualitativa y exploratoria, en forma de cuestionario, con preguntas abiertas y semiabiertas, mismas preguntas para los tres docentes que imparten clases de ciencias. A partir de los datos obtenidos, se compararon e interpretaron las respuestas entre los tres docentes con el fin de desarrollar una investigación productiva, que muestre dónde viene acertando el profesorado en el desarrollo de la ciencia y en qué ámbito es necesario mejorar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La enseñanza de ciencias en la educación primaria y secundaria de la escuela Nossa Senhora do Bom Conselho en el municipio de Granito-PE aún presenta muchos rasgos del tradicionalismo, aunque los profesores reconozcan que este método de enseñanza no es adecuado en pleno siglo XXI. Los estudiantes hoy necesitan ser constructores y reconstructores de sus conocimientos, y no más receptores de conocimientos ya preparados, transmitidos por los educadores.

Cuando se preguntó en la cuestión nº 1, con relación a su formación docente, se verificó que dos de los tres profesores que enseñan ciencias biológicas en la educación primaria no tienen habilitación para enseñar ciencias, ya que están formados en Geografía y Educación Física. Esta es una realidad muy común en todo el país. Docentes de otras áreas enseñando fuera de su área de formación académica ocurre por varios motivos: uno de ellos es la falta de estos docentes de ciencias y, para superar esta carencia, la escuela

acaba optando por colocar profesores de otras áreas para enseñar esta disciplina, u otras que eventualmente no tengan profesores habilitados para ello; otro motivo que ocurre con frecuencia, principalmente en municipios pequeños, es el hecho de que muchos no tienen la preparación para enseñar y están allí por intercambio de favores.

Visto que ya es difícil enseñar la disciplina para la cual se está preparado, dado que el mundo está en constante transformación y los estudiantes necesitan solo tener el saber instigado, es complicado que un profesor de otra área enseñe ciencias de manera que supla las necesidades de esta disciplina. El tradicionalismo vuelve ahí, porque son docentes que no están preparados y terminan leyendo y haciendo que los estudiantes memoricen. Es necesario que el profesor tenga una buena formación inicial y continúe perfeccionándose, ya que deben acompañar el desarrollo del mundo para atender a los nuevos estudiantes que llegan.

Esto muestra por qué la educación científica muchas veces no ocurre, porque son profesores de otras áreas quienes enseñan ciencias. No es posible que el estudiante sea alfabetizado científicamente si faltan profesores calificados que hagan que el estudiante piense, cree hipótesis, resuelva problemas, etc.

Con relación a la cuestión nº 2, cuando se les preguntó cuánto tiempo llevan enseñando, la investigación muestra que la experiencia en la actuación docente para el profesor(a) “A” es de más de 20 años enseñando ciencias; para el profesor “B” es entre 5 y 10 años y para el profesor(a) “C” es menos de 5 años de docencia. Hoy es común encontrar profesores atrapados en el tradicionalismo y esto, muchas veces, se debe al tiempo que llevan enseñando, debido a un antiguo modelo pedagógico, tal vez esos profesores no quieran o no sepan qué hacer.

Una forma de superar esta pedagogía es a través de la formación continua. Los profesores entrevistados dijeron estar siempre en formación, buscando nuevos horizontes. Según Fagundes y Lima (2009), la educación continua debe proponer nuevas metodologías y hacer que los profesores discutan, de modo que puedan contribuir con los demás docentes, a los cambios de enseñanza, a través del intercambio de conocimientos y experiencias vividas, haciendo que piensen constantemente en su metodología, buscando nuevas estrategias, contribuyendo a la articulación de nuevos saberes.

Es necesaria esta formación continua visto que la ciencia cambia cada día y que el país necesita de este cambio para su desarrollo, por eso la necesidad de comprender cada día más las ciencias. Pero para que esto ocurra necesitamos profesores calificados, que estén siempre en busca de nuevas formaciones y puedan trabajar con los conocimientos científicos y tecnológicos, haciendo que los estudiantes estén preparados para lidiar con los problemas del mundo.

La metodología aplicada en las clases de ciencias es esencial para el desarrollo de un ser pensante, crítico, creativo, cuestionador, etc. De esta forma, es necesario que el profesor utilice varias herramientas de enseñanza para instigar al estudiante a ser autónomo, haciendo que construya su propio conocimiento.

Las clases de ciencias deben tener un lenguaje más científico, mostrando que este lenguaje es necesario para su vida, el profesor debe orientar a los estudiantes a cuestionar, buscar soluciones para los problemas de su día a día, dialogando y utilizando los espacios no formales como forma de llevar al estudiante a conocer los contenidos en la práctica, usando laboratorios, video clases y todo lo que esté a su alcance con el fin de formar un ciudadano activo en la sociedad (JACOUBUCCI, 2008).

En relación a la cuestión nº 3, sobre la metodología aplicada por los profesores para enseñar ciencias, el profesor(a) "A" dijo utilizar clases expositivas con aplicación de cuestionarios y resúmenes, uso de parodias musicales, cordeles, teatro y videos educativos, además de clases dialogadas, problematizadoras, con salidas al campo, uso de laboratorios, computadoras (internet), etc. El profesor(a) "B" dijo utilizar teatro, videos educativos y clases expositivas con aplicación de cuestionarios y resúmenes. El profesor(a) "C" dijo utilizar clases dialogadas, problematizadoras con salidas al campo, uso de laboratorios, computadoras (internet), etc.

Sin embargo, de acuerdo con los profesores "A" y "C" que indicaron el uso de laboratorios, esto no se corresponde con la realidad de la escuela, pues la misma no posee laboratorios. Hoy se vuelve fundamental que los profesores revisen sus metodologías y creen ambientes de estudio que propicien a los estudiantes la búsqueda de nuevos conocimientos, siendo necesario que los docentes no utilicen solo clases teóricas, sino actividades experimentales para el desarrollo de habilidades de los estudiantes, llevándolos a cuestionar, pensar, crear hipótesis, correlacionar el contenido con la realidad y aplicar el conocimiento adquirido en su vida. La búsqueda del conocimiento es fundamental para la formación del propio pensamiento y transformación de la sociedad (REGINALDO; SHEID; GÜLLICH, 2012).

Cuando se les preguntó en la cuestión nº 4 si la escuela tenía una feria de ciencias, el profesor(a) "A" respondió que hay feria de ciencias, lo que contradice el relato de los profesores "B" y "C" que respondieron que la escuela no promueve feria de ciencias. La feria de ciencias es una forma de hacer que los estudiantes ejerzan su papel de seres activos dentro y fuera de la escuela, es una manera de hacer que ellos creen, inventen, descubran, y se hagan presentes en las cuestiones sociales, buscando soluciones para las mismas y facilitando su día a día.

En relación a la cuestión nº 5 se preguntó a los tres docentes de ciencias y biología, si en la escuela existe algún proyecto interdisciplinario. Los profesores "A" y "B" dijeron que sí, y que tiene como tema "La divina inspiración humana de transformar todo en poesía. Y que todos vivan la ciudadanía plena". Diferente de esta respuesta, el profesor "C" tituló como proyecto interdisciplinario el Proyecto Político Pedagógico (PPP), tal vez por desconocimiento.

En realidad, el PPP es un documento elaborado para orientar las acciones de la escuela, indicando caminos para enseñar con calidad. En este documento se colocan las

propuestas que deberán ejecutarse en un determinado período. Es en él donde se pone la misión de la escuela, la clientela, datos sobre el aprendizaje, relación con las familias, recursos, directrices pedagógicas y plan de acción de la escuela.

Así, la escuela necesita promover debates, discusiones, intercambio de experiencias, además de intervenciones pedagógicas, mucho estudio por parte de los profesores e interés en conocer la realidad de su escuela. Esta deficiencia, en la formación de los profesores, compromete la calidad de la formación de los estudiantes, pues si un profesor no conoce la escuela donde trabaja y sus documentos, se vuelve difícil que este profesional forme ciudadanos activos en la sociedad.

Cuando se les preguntó sobre la cuestión nº 6, cómo los estudiantes tienen un contacto más directo con la divulgación científica, el profesor(a) "C" no respondió; el profesor(a) "A" dijo lo siguiente: "A través de investigaciones y clases prácticas"; el profesor(a) "B" dijo: "De diversas formas, como lecturas de reportajes en revistas, artículos, informes escritos por científicos, entre otros, pues la divulgación científica no designa un tipo específico de texto sino la forma en que el conocimiento científico es producido y formulado por el estudiante".

Según Albagli (1996, p. 397), la popularización de la ciencia o divulgación científica (término más frecuentemente utilizado en la literatura) puede definirse como "el uso de procesos y recursos técnicos para la comunicación de la información científica y tecnológica al público en general". En este sentido, divulgación supone la traducción de un lenguaje especializado a uno lego, con el fin de alcanzar a un público más amplio.

La divulgación científica viene como una herramienta para hacer que, el estudiante y la comunidad donde están insertados, tomen conocimiento del saber científico, el cual puede ser obtenido a través de revistas, periódicos y artículos, donde el lenguaje sea de fácil comprensión para que todos tengan acceso. Es una forma de que la sociedad entienda los cambios que vienen ocurriendo en el mundo, comprendiendo ciencias, tecnología y sociedad (MARANDINO Y SILVEIRA, 2004).

En relación a la cuestión nº 7 se preguntó qué es educación científica. El profesor(a) "A" respondió: "Es aquella que enseña al estudiante a pensar, problematizar y llegar a una conclusión"; el profesor(a) "B" dijo: "Área que busca compartir información relacionada con la ciencia, donde los individuos objetivo pueden ser niños, estudiantes, entre otros" el profesor(a) "C" respondió: "Educación de parámetros científicos, a través de investigaciones, teorización y constatación de experimentos.

Demo (2009, p,23), refiere que el conocimiento es una dinámica disruptiva, rebelde, en permanente deconstrucción y reconstrucción. La educación científica no significa exhumar información existente, sino reconstruir conocimiento, principalmente "reconstruir continuamente la capacidad de reconstruir" (aprender a aprender).

La educación científica se considera hoy la habilidad del siglo XXI. Las personas se convirtieron en autores de sus propios textos. Por lo tanto, los docentes deben ser productores de conocimiento científico y no instruccionistas, para que puedan convertir

a sus alumnos en productores de textos con la debida cientificidad. Es a través de la educación científica que los estudiantes desarrollarán habilidades para construir y reconstruir conocimientos y, como dice Demo, “aprender a aprender”.

Según Thomaz (2009 p,17), sólo cuando la educación sea una prioridad en Brasil, y que los brasileños sean plenamente capaces de llevar a cabo su desarrollo económico, social y político, y que la prioridad no sea sólo construir grandes viaductos o algo similar , sino más bien, construir una gran sabiduría en la mente de los estudiantes.

Ante la pregunta número 8, si creen que la educación científica es una prioridad nacional, las respuestas fueron las siguientes: El docente “A” respondió: “No, falta inversión en infraestructura escolar, así como un currículo que. no conduce a esta prioridad en la educación regular”; El profesor “B” dijo: “No, porque hay muchos desafíos que enfrenta el país, como por ejemplo: Estimular la educación científica frente a la escasez de docentes adecuadamente preparados. Mejorar la calidad de la enseñanza de las ciencias frente a los déficits en la infraestructura escolar”; y la maestra “C” respondió: “No, en mi opinión la educación constitucional ni siquiera es una prioridad”.

La educación brasileña dio un gran salto respecto a sus inicios en 1549, con sacerdotes jesuitas como educadores, cuyo principal interés era propagar la fe cristiana. Hoy, la educación viene a proporcionar los más variados conocimientos, haciendo reflexionar al alumno y tomar decisiones frente a la sociedad. La educación científica aún está lejos de ser una prioridad en Brasil, como dijo el profesor “C”: “ni siquiera la educación constitucional es una prioridad”; Falta infraestructura en las escuelas, profesores calificados y alimentación. Esta realidad se ve principalmente en municipios pequeños, provocando desigualdad social, porque si bien hay escuelas modernas, con tecnologías que apoyan la educación científica, hay otras que todavía tienen techo de paja, sin comodidades, sin perspectivas de un día mejor.

Demo (2014), enfatiza que el conocimiento científico viene a transformar la sociedad y elevar la calidad de vida de la población. Por lo tanto, debemos lograr que el conocimiento científico genere oportunidades de desarrollo, para que ese conocimiento pueda ser compartido. Es necesario darse cuenta de que el conocimiento reproducido no lleva a ninguna parte, es erróneo pensar que la educación científica significa llenar las escuelas con limosnas; Necesitamos entender que debemos estudiar e investigar.

Ante la pregunta número 9, si trabajan la alfabetización científica con sus estudiantes. La maestra “A” respondió lo siguiente: “Sí, explorando tu vida diaria”; la maestra (a) “B” dijo lo siguiente: “No”, pero no explicó por qué; y el profesor “C” no respondió a esta pregunta. La alfabetización científica es necesaria para que el hombre comprenda el entorno en el que vive y ayude a resolver los problemas existentes; es tener conocimientos sobre ciencia, tecnología y sociedad, para que contribuya al desarrollo del país. La escuela es el entorno donde se debe instigar este conocimiento; Es función del docente orientar a los estudiantes para que puedan construir sus propios conocimientos, y esto lo puede hacer a través de

clases de resolución de problemas, donde el estudiante tiene que buscar soluciones a sus problemas del día a día, a través de clases de campo, ferias comerciales. , ciencia, uso de laboratorios y herramientas, que no dejan al estudiante esperando una respuesta del docente, sino que van en busca de la solución (DEMO, 2010).

Zancan (2000), refiere que es necesario crear un modelo educativo que aproveche la curiosidad de los niños en los primeros años, y mantenga activa esta curiosidad durante toda su vida. Las escuelas, a su vez, necesitan crear espacios que estimulen la curiosidad de los estudiantes y les hagan ver que es a través de la ciencia como los estudiantes podrán transformar el entorno en el que viven.

Según Demo (2014), para lograr una formación científica es necesario admitir que además de estar atrasados, no nos gusta investigar ni producir nuestro propio conocimiento. Estamos acostumbrados a las viejas clases y folletos. Por eso la educación científica viene a mostrar un nuevo método de enseñanza y mostrar cuánto podemos avanzar. Es necesario revisar los métodos anteriores para que podamos avanzar y cambiar la realidad de la enseñanza y de la sociedad.

Al ser consultado en la pregunta No. 10 a los docentes si trabajaron con la historia de la ciencia y qué metodología utilizaron, ya que estas clases pueden resultar agotadoras para los estudiantes, el docente “A” dijo: “Sí, básicamente a través de internet”; la docente (a) “B” respondió: “Sí, a través de videos”; y la docente “C” dijo: “Sí, usando diapositivas, videos y textos”.

Trabajar con los estudiantes la historia de la ciencia es, sin lugar a dudas, muy importante, ya que es en estas clases donde el alumno llega a comprender la ciencia, desde sus inicios hasta la actualidad. Además, es una forma para que los profesores instiguen el pensamiento de sus alumnos, haciéndolos cuestionar los avances de la ciencia y del mundo en general. Estas clases pueden tener lugar fuera del ámbito escolar (ambiente formal), en espacios educativos no formales, ya sea en museos, memoriales, parques, centros de ciencias, jardines botánicos, etc.

Ante la pregunta número 11, cómo buscan superar el instruccionismo. La docente “A” respondió lo siguiente: “Inducir al estudiante a realizar una investigación focalizada sobre el tema tratado en el aula para sus experiencias cotidianas”; el maestro (a) “B” dijo: “Con la clientela que tenemos hoy en algunas escuelas, es muy difícil superar el instruccionalismo, ya que a la mayoría de los estudiantes no se les trabajó de manera que lograran el pensamiento de producción autoral de conocimiento”; y el profesor “C” respondió: “Utilizo exposiciones interrogativas para provocar que el alumno busque respuestas”.

La enseñanza instruccionista sigue estando bastante presente en las escuelas, aunque está quedando atrás por necesidad de la propia sociedad. La escuela debe ayudar al maestro, proporcionándole vías para salir de la enseñanza instructiva; el docente, a su vez, debe buscar soluciones para que el alumno empiece a pensar, cuestionar, resolver problemas (SASSERON Y CARVALHO, 2011).

De hecho, no es fácil empezar a trabajar en otro método de enseñanza al que los alumnos no están acostumbrados, como decía el profesor “B”, pero es necesario. Es necesario que el docente comience a llevar los textos con la debida cientificidad al aula, correlacionando el contenido con la vida cotidiana de los estudiantes, llevándolos a espacios educativos no formales, haciendo que el estudiante participe de la clase, opine, cuestione. . No se puede permitir que estos estudiantes se vayan sin un mínimo de conocimientos científicos, ya que son ellos los que ayudarán en el desarrollo de la sociedad.

Además, el mundo actual está marcado por las tecnologías, y en este escenario es necesario que la enseñanza de las ciencias contribuya al desarrollo del conocimiento científico. Los estudiantes necesitan desarrollar habilidades que les permitan pensar críticamente, discutir, reflexionar, interpretar y tomar sus propias decisiones (VIECHENESKI; CARLETTO, 2012). El conocimiento sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad es importante para el desarrollo de una nación, por lo que es necesario que los docentes de ciencias alienten e instruyan a sus estudiantes a construir su propio conocimiento, a ser capaces de abordar el método científico, y a inmiscuirse en una de manera positiva en la sociedad para que contribuyan al desarrollo de la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Las clases de biología deben ser atractivas y tener la capacidad de despertar el interés de los estudiantes, ya que es el área para el desarrollo del pensamiento crítico, la discusión, la problematización y el cuestionamiento. Para que las clases de biología no se vuelvan aburridas, los docentes pueden buscar espacios fuera del aula/escuela como: Geositios, museos, parques, fábricas e industrias, entornos en los que se puedan trabajar contenidos de forma no formal. Para Cascais y Fachín-terán (2013), la educación no formal es una forma para que los estudiantes aprendan de forma placentera, llevando a los docentes a trabajar los contenidos previstos en el currículo formal en otros entornos.

Respecto a la pregunta No. 12, se preguntó a los docentes entrevistados sobre el uso de espacios no formales en su metodología, ya que forman parte del cotidiano de los estudiantes. La maestra “A” dijo lo siguiente: “Sí, porque son parte de la vida de los estudiantes”; la maestra “B” respondió: “No, solo el aula, pero siempre tratando de trabajar de manera dinámica para atraer la atención de los estudiantes”; y la docente “C” respondió lo siguiente: “Sí, siempre que sea posible, es decir, en otros espacios”.

Según Vercelli (2011, p,2), la educación no formal es aquella que se aprende en la vida cotidiana, en las relaciones con diferentes personas, a través de la experiencia, y en espacios fuera de la escuela, en lugares informales donde hay procesos de interacción y intencionalidad en la acción, en la participación, en el aprendizaje y en la transmisión e intercambio de conocimientos. La educación no formal abre posibilidades de conocimiento sobre el mundo que rodea a los individuos y sus relaciones sociales.

Los espacios educativos no formales son sumamente importantes para que el estudiante desarrolle un sentido crítico, es una de las formas que tiene el docente para brindarle al estudiante un contacto más directo con la educación científica, ya que en estos

ambientes los estudiantes tendrán contacto visual con lo que se está trabajando en el aula, y podrán hacer conexiones con su vida diaria, ya sea esta clase en museos, parques, bosques, entre otros. Además, habrá un intercambio de conocimientos entre profesor y alumno, alumno y alumno, y las personas que trabajan en estos entornos. Es una forma de hacer que los estudiantes vean el mundo con otros ojos, pudiendo correlacionar lo que se muestra con sus vidas, y llevarlo a su comunidad (BARROS, 2016).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la enseñanza de las ciencias en la escuela Nossa Senhora do Bom Conselho aún no ocurre de tal manera que la educación científica sea priorizada por los profesores y ni siquiera por la propia escuela. Son necesarios muchos cambios para que la educación científica realmente se lleve a cabo, como la superación de las seis condiciones indicadas en el texto. Por eso, es sumamente importante que la escuela reconstruya su visión de lo que es la educación.

El estudio mostró que los profesores que enseñan ciencias todavía tienen una fuerte conexión con el tradicionalismo y a menudo no abandonan el método por el bien de los estudiantes. Esto se hizo evidente cuando se preguntó cómo buscan superar el instruccionismo. Es necesario que, en los años iniciales, los docentes traten de introducir la educación científica en la vida de estos estudiantes, ya que es durante este período que el estudiante se cuestiona, para que, cuando llegue a la escuela primaria, tenga una cierta comprensión; y, si por casualidad este contacto no se ha producido, es función del profesor presentarle y hacer de este su nuevo mundo.

Se encontró que el docente necesita hacer que los estudiantes vean el mundo con una visión que pueda cambiar la realidad, interfiriendo directamente en su vida como parte de la sociedad. La investigación reveló que existe una falta de estudio por parte de los docentes, para que, de hecho, sean capaces de introducir la educación científica en la vida de los estudiantes, ya que todavía hay quienes no saben qué es la educación científica o no. no tienen conocimientos sobre ciencias en la propia institución donde enseñan, lo que dificulta intervenir positivamente en la vida de estos estudiantes.

Con base en lo anterior, es necesario que el colegio promueva debates entre el profesorado, para que puedan compartir experiencias y aclarar dudas, y que la coordinación pedagógica debe estar siempre monitoreando a los docentes de su institución para verificar cómo están informados sobre todo lo que sucede en la institución y cómo enseñan, lo que puede interferir de manera positiva, si por casualidad se están desviando del objetivo de las clases. Por lo tanto, la escuela también debe promover programas de educación continua, principalmente en el área de las ciencias por ser una materia muy importante en la formación del ser humano, así como promover ambientes que puedan ser utilizados por el docente para el desarrollo de conocimientos científicos. educación.

Si bien toda la responsabilidad proviene del docente o de la escuela, en cuanto a la promoción de la educación científica, esta responsabilidad no es sólo suya, sino de la sociedad y los poderes públicos, requiriendo un mayor apoyo de los gobiernos para la práctica de la educación científica, invirtiendo más en la formación del profesorado. y educación continua.

Se pudo concluir que la educación científica aún está lejos de darse como debería, especialmente en la escuela estudiada, pero esta realidad puede cambiarse, solo depende de los organismos públicos y del interés de la propia escuela para que los estudiantes tengan contacto con esta. nueva enseñanza, ya que la educación científica hace que los estudiantes piensen, critiquen, cuestionen, reconstruyan conceptos, creen hipótesis y cambien el mundo que los rodea.

REFERENCIAS

ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para cidadania. **Ciência da informação**, v. 25, n. 3, 1996.

BARROS, V. C. de; SANTOS, I. M. dos. **Além dos muros da escola**: A educação não formal como espaço de atuação da pratica do pedagogo. UFAL. 2016.

CASCAIS, M. G. A.; FACHÍN-TERÁN, A. **Educação formal, informal e não formal em ciências: contribuições dos diversos espaços educativos. Novas perspectivas de ensino de Ciências em espaços não formais amazônicos**. Manaus, AM: UEA Edições, 2013.

DEMO, P. Educação científica. **Boletim Técnico do Senac**, v. 36, n. 1, p. 15-25, 2010.

DEMO, P. **Educação e alfabetização cientifica**. Campinas, SP: Papirus, 2010.

DEMO, P. Educação científica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 1, n. 1, p. 02-22, 2014.

FAGUNDES, S. M. K.; LIMA, V. M. do R. Reconstruindo o ensino de Ciências nas séries iniciais por meio da Educação Continuada dos professores, Santa Maria. **Revista do Centro de Educação UFSM**, v. 34, n. 2, p. 359-371, 2009

JACOBUCCI, D. F. C. Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **Em extensão**, v. 7, n. 1, 2008.

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Uma reflexão sobre o Ensino de Ciências no nível Fundamental da Educação. **Ciência & Ensino**, v. 2, n. 2, 2008.

MARANDINO, M. et al. A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz**. Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências,** 2004.

REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J.; GÜLLICH, R. I. C. **O ensino de ciências e a experimentação**. Anaped Sul: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Giruá, p. 1-13, 2012.

SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2016.

THOMAS, J. R. **A educação no Brasil nos dias atuais**. Brusque: SC, 2009.

VERCELLI. L. de. C. A. Estação ciência: espaço educativo institucional não formal de aprendizagem. **Anais do IV encontro de pesquisa discente do programa de pós- graduação da Uninove**, São Paulo. 2011.

VIECHENESKI, J. P.; CARLETTO, M. R. Ensino de Ciências e Alfabetização Científica nos anos iniciais do Ensino Fundamental: um olhar sobre as escolas públicas de Carambeí. **Anais VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2012.

ZANCAN, G. T. Educação científica: uma prioridade nacional. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 3, p. 3-7, 2000.

CAPÍTULO 11

DESVENDANDO A RESISTÊNCIA BACTERIANA: PAPEL DAS BOMBAS DE EFLUXO, IMPACTO CLÍNICO E ALTERNATIVAS TERAPÊUTICAS

Data de submissão: 26/06/2024 *Data de aceite: 01/07/2024*

Rafael Pereira da Cruz
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Ciências Biológicas, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/3675589918865790

José Weverton Almeida-Bezerra
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Ciências Biológicas, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/5570296179611652

Viviane Bezerra da Silva
Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Botânica, Recife, PE
http://lattes.cnpq.br/8722844622066713

Cicero dos Santos Leandro
Regional University of Cariri, Department of Biological Sciences, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/7323619730656059

Luiz Filipi Teles Feitosa
Centro Universitário Estácio Do Ceará - Campus Centro, Fortaleza, CE
http://lattes.cnpq.br/9214639931773512

Janaína de Souza Bezerra
Centro de Estudos Profissionais, Brejo Santo, CE
http://lattes.cnpq.br/8745438551702869

José Walber Gonçalves Castro
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Química Biológica, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/7507775878340196

Yedda Maria Lobo Soares de Matos
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Ciências Biológicas, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/4524095481519342

Jácia Santos Oliveira Ramos
Faculdade de Juazeiro do Norte, Juazeiro do Norte, CE
http://lattes.cnpq.br/0120693704062820

Lariza Leisla Leandro Nascimento
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Química Biológica, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/6203843390902571

Ademar Maia Filho
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Ciências Biológicas, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/9570480278376163

Maria Hellena Garcia Novais
Universidade Regional do Cariri, Departamento de Química Biológica, Crato, CE
http://lattes.cnpq.br/9945835842452529

RESUMO: A resistência bacteriana representa um desafio crescente para a saúde global, conforme alertado pela Organização Mundial da Saúde. O uso indiscriminado de antimicrobianos tem levado à proliferação de cepas multirresistentes, ameaçando retornar à era pré-antibiótica. Bactérias podem adquirir resistência por meio de processos como mutação genética e transferência horizontal de genes. Mecanismos de efluxo, como as bombas de efluxo, desempenham um papel crucial nesse processo, permitindo que as bactérias eliminem antibióticos do citoplasma, diminuindo sua eficácia. Além disso, fatores como automedicação e falta de programas racionais de uso de antibióticos contribuem para a disseminação da resistência. *Staphylococcus aureus*, especialmente a cepa resistente à meticilina (MRSA), exemplifica esse desafio, causando uma variedade de infecções graves. Em resposta a esses desafios, pesquisadores exploram alternativas terapêuticas, como inibidores de bombas de efluxo, para restaurar a eficácia dos antibióticos. Compreender os mecanismos subjacentes à resistência, seu impacto clínico e desenvolver estratégias eficazes de combate são cruciais para enfrentar essa ameaça emergente à saúde pública.
PALAVRAS-CHAVE: Antimicrobianos, Farmacorresistência, Produtos naturais, Fármacos.

DISCOVERING BACTERIAL RESISTANCE: ROLE OF EFFLOW PUMPS, CLINICAL IMPACT AND THERAPEUTIC ALTERNATIVES

ABSTRACT: Bacterial resistance represents a growing challenge for global health, as warned by the World Health Organization. The indiscriminate use of antimicrobials has led to the proliferation of multidrug-resistant strains, threatening a return to the pre-antibiotic era. Bacteria can acquire resistance through processes such as genetic mutation and horizontal gene transfer. Efflux mechanisms, such as efflux pumps, play a crucial role in this process, allowing bacteria to eliminate antibiotics from the cytoplasm, decreasing their effectiveness. Furthermore, factors such as self-medication and lack of rational antibiotic use programs contribute to the spread of resistance. *Staphylococcus aureus*, especially the methicillin-resistant strain (MRSA), exemplifies this challenge, causing a variety of serious infections. In response to these challenges, researchers are exploring therapeutic alternatives, such as efflux pump inhibitors, to restore the effectiveness of antibiotics. Understanding the mechanisms underlying resistance, its clinical impact, and developing effective combat strategies are crucial to addressing this emerging threat to public health.
KEYWORDS: Antimicrobials, Pharmacoresistance, Natural products, Drugs.

INTRODUÇÃO

A resistência bacteriana aos quimioterápicos é um desafio significativo para a saúde pública. O uso excessivo de antibióticos no tratamento de infecções desencadeou o desenvolvimento de mecanismos de resistência em várias cepas microbianas, facilitando a sobrevivência e disseminação de bactérias patogênicas. Esse problema é especialmente grave no ambiente hospitalar, contribuindo diretamente para altas taxas de mortalidade, custos médicos elevados e destacando a ineficácia e limitações de certos fármacos (BARBOSA; LEVY, 2000; TANWAR *et al.*, 2014).

Os mecanismos que conferem resistência bacteriana aos quimioterápicos incluem a modificação dos sítios de ligação das drogas, a degradação enzimática dos antibióticos, a redução da permeabilidade da membrana celular e o uso de bombas de efluxo ativo (KUMAR; MUKHERJE; VARELA, 2013). As bombas de efluxo desempenham um papel crucial no surgimento de cepas bacterianas resistentes a múltiplos fármacos (Multiple Drug Resistance - MDR), com exemplos notáveis como *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (MARSHALL; PIDDOCK, 1997; SUN; DENG; YAN, 2014).

Essas bombas de efluxo são compostas por canais de proteínas integrados na membrana, responsáveis por expulsar antibióticos e substâncias tóxicas para fora da célula, reduzindo sua concentração interna e, consequentemente, a eficácia dos medicamentos (BLAIR; PIDDOCK, 2016; GIBBONS; OLUWATUYI; KAATZ, 2003). Muitas cepas bacterianas, tanto Gram-positivas quanto Gram-negativas, possuem essas bombas, cujos genes estão localizados nos cromossomos ou em plasmídeos (PIDDOCK, 2006; POOLE, 2007).

Uma abordagem para enfrentar esse problema é o uso de inibidores de bombas de efluxo (*Efflux Pump Inhibitors* - EPIs), que podem ser combinados com antibióticos para superar a resistência bacteriana. No entanto, muitos desses inibidores caracterizados exibem alta toxicidade e baixa estabilidade biológica (PAGÈS; AMARAL, 2009). A busca por novas substâncias farmacologicamente relevantes a partir de metabólitos secundários de plantas medicinais surge como uma promissora linha de pesquisa (FILHO; YUNES, 1998). Os vegetais oferecem uma ampla gama de compostos químicos com potencial antimicrobiano, sendo reconhecidos como importantes candidatos para o desenvolvimento de novos inibidores naturais de efluxo (STAVRI; PIDDOCK; GIBBONS, 2006; TEGOS *et al.*, 2011).

RESISTÊNCIA BACTERIANA

Segundo a Organização mundial da Saúde (OMS, 2017) a resistência aos antimicrobianos eleva-se para níveis preocupantes em muitos países do mundo. O surgimento de mecanismos complexos e a rápida disseminação de micro-organismos patogênicos impõem uma barreira no tratamento de doenças microbianas comuns, causando grande preocupação para a saúde global. Muitos antimicrobianos antigamente empregados no controle de infecções sofrem decréscimos quanto ao uso e eficácia. O aparecimento de microorganismos resistentes a múltiplas drogas disponibilizadas aumentam o risco de voltarmos à era pré-antibiótica, onde havia casos de mortes decorrentes de simples infecções (DIAS; MONTEIRO; MENEZES 2010).

Bactérias possuem habilidades de se adaptarem ao meio com facilidade, então a exposição a antimicrobianos resulta em um processo de resistência natural (QUEIROZ, 2004). Os antibióticos efetivam sua ação na eliminação de bactérias sensíveis, mas

simultaneamente pode disseminar a sobrevivência de cepas multiresistentes por um processo de pressão seletiva, ocasionada principalmente pelo uso indiscrimando de antimicrobianos.

A automedicação, o diagnóstico impreciso, a falta de progama racional do uso de antibióticos e o desconhecimento quanto à finalidade e eficácia dos antimicrobianos são os principais fatores que promovem a resistência de bactéria multiresistentes (MOTA *et al.*, 2010). Outros fatores como condições precárias de higiene, fluxo constante de viajantes, aumento de pacientes imunocomprometidos e a demora no diagnóstico clínico de infecções tem possibilitado considerável aumento nos casos de resistência bacteriana (VON NUSSBAUM *et al.*, 2006).

As bactérias podem apresentar dois diferentes tipos de resistência aos antibióticos: Intrínseca ou adquirida. Na resistência intrínseca o microorganismo apresenta características morfológicas ou enzimáticas que o torna resistente a determinada droga naturalmente. Já a resistência adquirida, pode ser caracterizada por mutação ou troca de genes. Por exemplo, na transferência horizontal de genes, bactérias podem repassar material genético entre cepas da mesma espécie ou de espécies diferentes. Esse processo ocorre pela transformação (Incorporação do DNA do meio), transdução (através de fagos) e conjugação (contato celular) que envolve elementos genéticos moveis como plasmídeos e transposões (DŽIDIĆ; ŠUŠKOVIĆ; KOS 2008; MUNITA; ARIAS, 2016).

As bactérias podem desenvolver ou adquirir resistência aos antibióticos por alguns mecanismos, que são separados em três classes principais: 1 – Diminuição da concentração intracelular da droga como consequência de uma fraca penetração ou efluente ativo do antibiótico, 2 – Alteração do alvo do antibiótico na célula bacteriana por mutação genética ou modificação pós-translacional do alvo e 3 – Inativação do antibiótico por hidrólise ou modificação enzimática de grupos funcionais ativos da molécula (BLAIR *et al.*, 2015; POOLE, 2002). Apropriando-se destes mecanismos isolados ou em conjunto, cepas patogênicas vêm conseguindo superar antibióticos promissores das mais diversas classes químicas (SILVEIRA *et al.*, 2006).

A luta contra a resistência é um verdadeiro dilema. De um lado tem-se a expansão no consumo de antibióticos pela população e do outro o fracasso das indústrias farmacêuticas em formular novas drogas. Para contornar esse problema, seria preciso primeiramente identificar prioridades, reduzir o uso de antimicrobianos e estimular a produção de novos agentes terapêuticos (BARTLETT *et al.*, 2013).

BOMBAS DE EFLUXO

As bombas de efluxo são canais de proteínas hidrofóbicas capazes de transportar diferentes substratos, podendo ser específicas para um determinado composto químico ou para diversos tipos de medicamentos nocivos e toxinas tais como: detergentes, solventes, corantes e biocidas. A extrusão celular bacteriana de vários antibióticos está diretamente relacionada com casos de resistência a múltiplas-drogas. Esse mecanismo é ocasionado pelo aumento de expressão de genes, geralmente decorrente da ação de proteínas reguladoras, mutações cromossômicas ou por resistência adquirida (PUTMAN; VEEN; KONINGS, 2000; FREMPONG-MANSO *et al.*, 2009; MIKULÁŠOVÁ; CHOVANOVÁ; VAVERKOVÁ, 2016).

Muitas bactérias utilizam os sistemas de efluxo para diminuir a susceptibilidade a antimicrobianos, além dessa função estas proteínas podem também conferir importância clínica na patogenicidade, facilitando a colonização e sobrevivência do microrganismo no hospedeiro (PIDDOCK, 2006).

Existem cinco classes de proteínas responsáveis pelo bombeamento de efluxo MDR, separadas de acordo com a fonte de energia exercida para exportação de substâncias intracelulares. Transportadores primários que utilizam hidrolise de adenosina trifosfato estão contidos na super-família cassete de ligação a ATP (*ATP-binding cassette: ABC).* Transportadores secundários que utilizam gradientes de prótons para conduzir a eliminação de substratos incluem: (1) família pequena resistência a múltiplas drogas (*Small multidrug resistance:SMR*), (2) super família grande facilitador (*Major facilitator superfamily: MFS),* (3) super família divisão celular resistência nodulação (*Resistance-nodulation-cell division:RND)* e (4) família extrusão de múltiplas drogas e compostos tóxicos (*Multidrug and toxic compound extrusion: MATE*) Recentemente alguns estudos identificaram outras famílias de transportadores de drogas, especialmente a família de efluxo de compostos antimicrobianos proteobacterianos (PACE) (LI; NIKAIDO, 2009; BLAIR; PIDDOCK, 2016).

Os transportadores ABC são uma grande superfamília que utilizam a energia exercida pela hidrólise de ATP contra gradientes eletroquímicos para exportar ou importar substratos na célula (VASILIOU; VASILIOU; NEBERT, 2009). O domínio estrutural da superfamília ABC é formado por dois domínios transmembranar que forma um canal condutor e dois domínios de vias citoplasmáticas ligadas a nucleotídeos que se conectam e hidrolisam ATP (HOLLENSTEIN; DAWSON; LOCHER, 2007). Transportadores ABC são capazes de expulsar diversas moléculas como aminoácidos, carboidratos, lipídios, vitaminas, metais e proteínas. Esses tipos de bomba de efluxo têm sido pouco descrita em bactérias, mais em humanos geralmente está relacionando com doenças importantes como câncer, fibrose cística e doença de Tanger (WILKENS, 2015).

Membros da família MFS apresentam o sistema de catálise de H^+. Esse tipo de bomba utiliza o potencial eletroquímico de íons ou soluto para conseguir o transporte de

energia desfavorável do substrato contra o gradiente. Foram identificados mais de 10.000 membros pertencentes a essa família, sendo a maior classe de bombas de efluxo de transportador secundário (YAN, 2013). Utilizam como substrato diversas substâncias como açúcares, antibióticos, aminoácidos, íons, ácidos nucléicos e produtos do metabolismo (YAN, 2013; RANAWEERA *et al.* 2015). Bombas MFS são predominantes em bactérias gram-positivas, em *S. aureus* podem ser encontradas bombas MDR como a NorA que confere a resistência a fluroquinolonas e bombas específicas para a tetaciclina TetA e TetK (KAATZ; SEO; RUBLE, 1991; GUAY; DAVID, 1993).

SMR é uma pequena classe de proteínas de efluxo, geralmente formadas apenas entre 100 e 140 aminoácidos e organizada em quatro hélices. Importantes por induzir expulsão de compostos de amônia e cátions lipofílicos. O transportador mais caracterizado SMR é o EmrE de *Eschechiria coli*, responsável por conferir resistência ao Brometo de etídio (BORGES-WALMSLEY; MCKEEGAN; WALMSLEY, 2003).

RND funciona em um sistema tripartido, funcionando pelo gene AcrA e AcrB integrado a uma proteína da membrana externa e uma proteína de fusão periplásmica (MFP), utilizando a força de próton H^+ para eliminar compostos. Por exemplo, o sistema de *E. coli* AcrAB-Tolc que conferem resistência a drogas lipofílicas, corantes e detergentes (ELKINS; NIKAIDO, 2002; ALVAREZ-ORTEGA *et al.*, 2013). Esse complexo é importante por garantir que a droga seja expulsa diretamente para o meio externo e não para o periplasma, assim para a droga adentrar novamente na célula é preciso atravessar a membrana externa (NIKAIDO; TAKATSUKA, 2009). Por conta desse complexo sistema, a família RND se caracteriza por ser a mais importante clinicamente em casos de resistência aos antibióticos (LI e NIKAIDO, 2009).

A família MATE utiliza a força condutora dos gradientes de Na + ou H + para transportar substâncias através da membrana (TAKANASHI, SHITAN; YAZAKI, 2014). A família MATE é encontrada tanto em células procarióticas como em eucariotos (Fungos, Animais, Plantas). Em bactérias e animais essas proteínas estão presentes na membrana e são responsáveis pela expulsão de drogas catiônicas e compostos tóxicos. Nas plantas, MATE promove o sequestro de metabólitos secundários em vacúolos ou a eliminação para fora da célula (OMOTE *et al.*, 2006). A primeira bomba da família MATE foi identificada em *Vibrio parahaemolyticus* e denominada como NorM, importante por conferir resistência clínica a fluroquinolonas e aminoglicosídeos (MOHANTY; PATEL; BHARDWAJ, 2012).

O papel das bombas de efluxo foi primeiramente descrito pela codificação de genes em plasmídeos de *E. coli* que atribuíam resistência a tetaciclina (MCMURRY; PETRUCCI; LEVY, 1980). Atualmente está muito evidente que bactérias Gram-positivas, Gram-negativas e fungos patogênicos utilizam o efluente ativo para remover antibióticos do citoplasma e consequentemente diminuir a concentração e o efeito causado pelo fármaco (JACHAK *et al.*, 2012).

A inibição dos canais de efluxo pode ser alcançada pela redução na expressão do gene da bomba, interrompendo a maquinaria da bomba e reduzindo o substrato associado por um competitivo ou não competitivo, perturbando a fonte de energia necessária para expressão da bomba (POOLE, 2007).

O uso de combinações de inibidores de bombas de efluxo com antibióticos é uma alternativa investigada atualmente, é esperado que essas combinações diminuam a resistência intrínseca das bactérias, reverta à resistência adquirida em cepas resistentes mutantes e reduza a frequência de aparecimento de cepas mutantes multirresistentes (LOMOVSKAYA, 1999).

STHAPYLOCOCCOS AUREUS

Staphylococcus são bactérias cocos Gram-Positivos, com aproximadamente 0,5 a 1,5 µm de diâmetro, imóveis e não apresentam cápsula. Podem apresentar até três tipos morfológicos: Cocos isolados, em cadeias curtas, ou agrupados irregularmente (Com aspectos semelhantes a cachos de uvas), devido sua divisão celular em planos perpendiculares (TRABULSI; ALTHERTHUM, 2005; TORTORA; FUNKE; CASE, 2010). Atualmente esse gênero possui 33 espécies, sendo que 17 espécies podem ser encontradas em humanos (SANTOS *et al*., 2007).

Staphylococcus aureus é a espécie do gênero supracitado de maior interesse etiológico, sendo responsável por graves quadros clínicos em humanos, causando graves infecções superficiais ou invasivas, como carbúnculos, foliculites, bacteremia, endocardite, pneunomia, osteomelite, além de promover formação de biofilme em instrumentos cirúrgicos implantados (CAVALCANTI *et al*., 2005; FOSTER *et al*., 2014; TONG *et al*., 2015). Em pessoas saudáveis *Staphylococcus aureus* pode ser encontrada em diversos sítios anatômicos, principalmente na pele, orofaringe, fossas nasais e microbiota intestinal (BENITO *et al*., 2013).

A versatilidade de *S. aureus* deve-se principalmente pelos diversos fatores de virulência, muitos dos quais são codificados geneticamente e transferidos entre a espécie (OTTO, 2014) facilitando a aderência, colonização, interações celulares, evasão dos sistemas de defesa do hospedeiro e lesões teciduais (HOLDEN *et al*., 2004). Os fatores de virulência podem ser agrupados em três tipos: a) Fatores relacionados à adesão celular ou matriz extracelular, por síntese de moléculas de fibrinogênio, fibronectina, colágeno ou da enzima coagulase; b) fatores relacionados com a evasão imunológica, pela produção de importantes enterotoxinas, inclusive que pode causar choque tóxico e produção de biomoléculas como proteína A, lípases e polissacarídeos encapsulados; e c) fatores relacionados com a invasão na célula do hospedeiro e a penetração nos tecidos ou adesão em instrumentos cirúrgicos implantados, os quais incluem as proteínas (toxinas) α, β, δ, γ e δ – hemolisinas (JARRAUD, 2001).

A espécie pode apresentar resistência intrísinca ou adquirida, onde a aquisição do gene mecA apresenta grande importância clínica por conferir resistência contra meticilina e beta-lactâmicos (BENITO *et al.*, 2015). O surgimento e disseminação de *S. aureus* resistente a meticilina (MRSA) aumentaram os números de infecções nosocomias, causando grande preocupação na comunidade hospitalar (WITTE *et al.*, 2007). MRSA é a maior causa de infecções de peles e tecidos moles na América do Norte, o clone USA 300 é responsável por 98% dessas infecções (THURLOW; JOSHI; RICHARDSON, 2012).

PRODUTOS NATURAIS

Chamamos de metabolismo as reações químicas celulares que regem o funcionamento dos organismos. O metabolismo primário é caracterizado pela ação de aminoácidos, proteínas, carboidratos e lipídeos, presentes em todos os organismos e com funções definidas. Entretanto, além do metabolismo primário, as plantas apresentam também o metabolismo secundário, responsável pela síntese de uma variedade de compostos químicos que não parecem ter ligação direta com os processos fisiológicos vegetais, mais que podem funcionar como atraentes de polinizadores, repelentes naturais, proteção contra predadores e microrganismos, além de apresentar propriedades farmacológicas (GARCÍA; CARRIL, 2011; PEREIRA; CARDOSO, 2012, TAIZ; ZEIGER, 2013).

Existem três classes de metabólitos secundários vegetais: compostos fenólicos, terpenos e alcalóides, originados através de rotas biossintéticas diferentes e com funções de defesa contra fatores físicos e biológicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os terpenos representam a maior classe de substâncias químicas do metabolismo secundário, calcular-se uma estimativa de mais de 30.000 substâncias registradas (RAVEN *et al.*, 2007). Os terpenos são derivados a partir do 2-metilbutadieno (Isopreno). A biossíntese ocorre pela ligação do isopreno com radiciais fosfato, formando duas unidades de Cinco Carbonos: o disfosfato de isopentinila (IPP) e o difosfato de dimetilalila (DMAPP) (SIMÕES *et al.*, 2017). Originados por duas rotas biossíntenticas diferentes: Rota do ácido Mevalonato (MVA) que ocorre no citoplasma, e a rota do 2-Cmethyl-D-eritritol-4-fosfato (MEP) produzida nos plastídios (DEGENHARDT *et al.*, 2003; KITAOKA *et al.*, 2015).

Assim podemos definir os terpenoides de acordo com o número de blocos de isopentenilpirofosfato que se ligam em sentindo inverso (cabeça-cauda), como: hemiterpenoides (C_5), monoterpenoides (C_{10}), sesquiterpenoides (C_{15}), diterpenoides (C_{20}), triterpenoides (C_{30}) e tetraterpenoides (C_{40}) (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010). Mono e sesquiterpenoides são os principais constituintes dos óleos voláteis de plantas, sendo os principais responsáveis pelo aroma característico dos produtos naturais que são empregados na indústria de fragrâncias (FARKAS; MOHÁCSI-FARKAS, 2014). Diterpenoides, triterpenoides e tetraterpenoides são constituentes básicos da mistura de óleos essências e resina (oleorresinas), produto utilizado na produção de tinturas, graxas e ceras, além de ser usado por populações com fins medicinais (HARTMANN, 2007).

Nos últimos anos tem-se notado avanços científicos nos estudos químicos e farmacológicos de plantas utilizadas na medicina popular em busca de novos compostos com propriedades terapêuticas (FILHO; YUNES, 1997). Os produtos naturais são utilizados pela humanidade desde o inicio das civilizações. A procura por alivio e cura de doenças através da ingestão de ervas e folhas possivelmente tenha sido uma das primeiras formas de uso dos produtos naturais para fins medicinais, sendo principalmente utilizado pelas sociedades Gregas, Romanas e Chinesas (JUNIOR; BOLZANI; BARREIRO, 2006). Acredita-se que o tratamento através de plantas medicinais traga vantagens a saúde humana, desde que haja conhecimento prévio das suas finalidades, riscos e benefícios (BADKE *et al*., 2012).

Há vários fatores que contribuem para o consumo dos produtos naturais como recursos medicinais, tais como, o custo elevado dos medicamentos industrializados, o difícil acesso da população a postos médicos ou hospitais, assim como o beneficio do uso de derivados de origem natural (BADKE *et al*., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência bacteriana não é apenas uma questão clínica, mas também socioeconômica, com impactos nos custos de saúde e na qualidade de vida dos pacientes. A ampla disseminação da resistência, facilitada pelo uso indiscriminado de antibióticos, ressalta a necessidade urgente de intervenções eficazes para conter essa ameaça. A pesquisa de alternativas terapêuticas, como inibidores de bombas de efluxo e o potencial dos produtos naturais, emerge como uma linha promissora de combate à resistência bacteriana. A exploração dos metabólitos secundários de plantas medicinais oferece novas perspectivas para o desenvolvimento de terapias antimicrobianas, destacando a importância da biodiversidade na busca por soluções inovadoras.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-ORTEGA, C. *et al*. RND multidrug efflux pumps: what are they good for? **Frontiers in microbiology**, v. 4, p. 7, 2013.

BADKE, M. R. *et al*. Saberes e práticas populares de cuidado em saúde com o uso de plantas medicinais. **Texto e Contexto Enfermagem**, v. 21, n. 2, p. 363, 2012.

BARBOSA, T. M.; LEVY, S. B. The impact of antibiotic use on resistance development and persistence. **Drug resistance updates**, v. 3, n. 5, p. 303-311, 2000.

BARTLETT, J. G. *et al*. Seven ways to preserve the miracle of antibiotics. **Clinical Infectious Diseases**, v. 56, n. 10, p. 1445-1450, 2013.

BENITO, D. *et al*. Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from faeces of healthy neonates and potential mother-to-infant microbial transmission through breastfeeding. **FEMS microbiology ecology**, v. 91, n. 3, p.005-007, 2015.

BENITO, D. *et al*. Detection of methicillinsusceptible *Staphylococcus aureus* ST398 and ST133 strains in gut microbiota of healthy humans in Spain. **Microbiology ecology**, 2013.

BLAIR, J. M. A *et al*. Molecular mechanisms of antibiotic resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 13, n. 1, p. 42, 2015.

BLAIR, J. M. A.; PIDDOCK, L. J. V. How to measure export via bacterial multidrug resistance efflux pumps. **MBio**, v. 7, n. 4, p. 00840-16, 2016.

BORGES-WALMSLEY, M. I; MCKEEGAN, K. S.; WALMSLEY, A. R. Structure and function of efflux pumps that confer resistance to drugs. **Biochemical Journal**, v. 376, n. Pt 2, p. 313, 2003.

CAVALCANTI, S. *et al*. Prevalence of *Staphylococcus aureus* introduced into intensive care units of a university hospital. **Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 9, n. 1, p. 56-63, 2005.

DEGENHARDT, J. *et al*. Attracting friends to feast on foes: engineering terpene emission to make crop plants more attractive to herbivore enemies. **Current opinion in biotechnology**, v. 14, n. 2, p. 169-176, 2003.

DIAS, M.; MONTEIRO, M. S.; MENEZES, M. F. Antibióticos e resistência bacteriana, velhas questões, novos desafios. **Caderno Otorrinolaringol**, 2010.

DŽIDIĆ, S.; ŠUŠKOVIĆ, J.; KOS, B. Antibiotic resistance mechanisms in bacteria: biochemical and genetic aspects. **Food Technology & Biotechnology**, v. 46, n. 1, 2008.

ELKINS, C. A.; NIKAIDO, H. Substrate specificity of the RND-type multidrug efflux pumps AcrB and AcrD of *Escherichia coli* is determined predominately by two large periplasmic loops. **Journal of bacteriology**, v. 184, n. 23, p. 6490-6498, 2002.

FARKAS, J., MOHÁCSI-FARKAS. Safety of foods and beverages: spices and seasonings. **Encyclopedia of Food Safety**. V. 3, n. 2, p. 324-330, 2014.

FILHO, C. V.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química nova**, v. 21, n. 1, p. 99-105, 1998.

FOSTER, T. J. *et al*. Adhesion, invasion and evasion: the many functions of the surface proteins of Staphylococcus aureus. **Nature Reviews Microbiology**, v. 12, n. 1, p. 49, 2014.

FREMPONG-MANSO, E. *et al*. Inability of a reserpine-based screen to identify strains overexpressing efflux pump genes in clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. **International journal of antimicrobial agents**, v. 33, n. 4, p. 360-363, 2009.

GARCÍA, A. A.; CARRIL, E. P. U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (biología)**, v. 2, n. 3, 2011.

GIBBONS, S.; OLUWATUYI, M.; KAATZ, G. W. A novel inhibitor of multidrug efflux pumps in *Staphylococcus aureus*. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 51, n. 1, p. 13-17, 2003.

GUAY, G. G.; R., DAVID, M. Expression of the tetK gene from *Staphylococcus aureus* in *Escherichia coli*: comparison of substrate specificities of TetA (B), TetA (C), and TetK efflux proteins. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 37, n. 2, p. 191-198, 1993.

HARTMANN, T. From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. **Phytochemistry**. v. 68, n.22-24, p. 2831-2846, 2007.

HOLDEN, M. T. G. *et al*. Complete genomes of two clinical *Staphylococcus aureus* strains: evidence for the rapid evolution of virulence and drug resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 26, p. 9786-9791, 2004.

HOLLENSTEIN, K.; DAWSON, R. J. P.; LOCHER, K. P. Structure and mechanism of ABC transporter proteins. **Current opinion in structural biology**, v. 17, n. 4, p. 412-418, 2007.

JACHAK, S. M. *et al*. Small-molecule efflux pump inhibitors from natural products as a potential source of antimicrobial agents. **Antimicrobial Drug Discovery: Emerging Strategies**, p. 62-76, 2012.

JARRAUD, S. *et al*. egc, a highly prevalent operon of enterotoxin gene, forms a putative nursery of superantigens in Staphylococcus aureus. **The Journal of Immunology**, v. 166, n. 1, p. 669-677, 2001.

JUNIOR, C.V.; BOLZANI, V.S.; BARREIRO, E.J. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. **Química Nova***,* V. 29, n. 2, p. 326-337, 2006.

KAATZ, G. W.; SEO, S. M.; RUBLE, C. A. Mechanisms of fluoroquinolone resistance in *Staphylococcus aureus*. **Journal of infectious diseases**, v. 163, n. 5, p. 1080-1086, 1991.

KITAOKA, N. *et al*. The application of synthetic biology to elucidation of plant mono-, sesqui-, and diterpenoid metabolism. **Molecular plant**, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2015.

KUMAR, S.; MUKHERJEE, M. M.; VARELA, M. F. Modulation of bacterial multidrug resistance efflux pumps of the major facilitator superfamily. **International journal of bacteriology**, v. 2013, 2013.

LI, X. Z.; NIKAIDO, H. Efflux-mediated drug resistance in bacteria. **Drugs,** v. 69, n. 12, p. 1555-1623, 2009.

LOMOVSKAYA, O. *et al*. Use of a genetic approach to evaluate the consequences of inhibition of efflux pumps in Pseudomonas aeruginosa. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 43, n. 6, p. 1340-1346, 1999.

MARSHALL, N. J.; PIDDOCK, L. J. Antibacterial efflux systems. **Microbiologia**, v. 13, n. 3, p. 285-300, 1997.

MCMURRY, L.; PETRUCCI, R. E.; LEVY, S. B. Active efflux of tetracycline encoded by four genetically different tetracycline resistance determinants in *Escherichia coli*. **Proceedings of the national academy of science**s, v. 77, n. 7, p. 3974-3977, 1980.

MIKULÁŠOVÁ, M.; CHOVANOVÁ, R.; VAVERKOVÁ, Š.; Synergism between antibiotics and plant extracts or essential oils with efflux pump inhibitory activity in coping with multidrug-resistant staphylococci. **Phytochemistry Reviews**, p. 1-12, 2016

MOHANTY, P.; PATEL, A.; BHARDWAJ, A. K. Role of H-and D-MATE-type transporters from multidrug resistant clinical isolates of *Vibrio fluvialis* in conferring fluoroquinolone resistance. **PLoS One**, v. 7, n. 4, 2012.

MOTA, L. M. *et al*. Uso racional de antimicrobianos. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v. 43, n. 2, p. 164-172, 2010.

MUNITA, J. M.; ARIAS, C. A. Mechanisms of antibiotic resistance. **Microbiology spectrum**, v. 4, n. 2, 2016.

NIKAIDO, H.; TAKATSUKA, Y. Mechanisms of RND multidrug efflux pumps. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics**, v. 1794, n. 5, p. 769-781, 2009.

OMOTE, H. *et al*. The MATE proteins as fundamental transporters of metabolic and xenobiotic organic cations. **Trends in Pharmacological Sciences**, v.27, n.11, p.587-593, 2006.

OMS – Organização Mundial de Saúde. Antibiotic resistance. WHO Library Cataloguing-in-Publication, 2017.

OTTO, M. *Staphylococcus aureus* toxins. **Current opinion in microbiology**, v. 17, p. 32-37, 2014.

PAGÈS, J. M.; AMARAL, L. Mechanisms of drug efflux and strategies to combat them: challenging the efflux pump of Gram-negative bacteria. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics**, v. 1794, n. 5, p. 826-833, 2009.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. D. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of biotechnology and biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.

PIDDOCK, L. J. V. Multidrug-resistance efflux pumps? not just for resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 4, n. 8, p. 629-636, 2006.

POOLE, K. Efflux pumps as antimicrobial resistance mechanisms. **Annals of medicine**, v. 39, n. 3, p. 162-176, 2007.

POOLE, K. Mechanisms of bacterial biocide and antibiotic resistance. **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, n. s1, 2002.

PUTMAN, M.; VEEN, H. W. V.; KONINGS, W. N. Molecular properties of bacterial multidrug transporters. **Microbiology and molecular biology reviews**, v. 64, n. 4, p. 672-693, 2000.

QUEIROZ, N. S. D. A resistência bacteriana no contexto da infecção hospitalar. **Texto e Contexto Enfermagem**, v. 13, n. Esp, 2004.

Química. Nova, v. 6, p. 882-888, 2004.

RANAWEERA, I. *et al*. Structural comparison of bacterial multidrug efflux pumps of the major facilitator superfamily. **Trends in cell & molecular biology**, v. 10, p. 131, 2015.

RAVEN, P. H. *et al*. **Biologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 2007, 7ª ed.

REKHARSKY, M. V.; INOUE, Y. Complexation thermodynamics of cyclodextrins. **Chemical reviews**, v. 98, n. 5, p. 1875-1918, 1998.

SANTOS, A. L. *et al*. *Staphylococcus aureus*: visitando uma cepa de importância hospitalar. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial,** v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007.

SILVEIRA, G. P. *et al*. Estratégias utilizadas no combate a resistência bacteriana. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 844, 2006.

SIMÕES, C. M. O., *et al*. **Farmacognosia: do Produto Natural ao Medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 502 p.

STAVRI, M.; PIDDOCK, L. J. V; GIBBONS, S. Bacterial efflux pump inhibitors from natural sources. **Journal of antimicrobial chemotherapy**, v. 59, n. 6, p. 1247-1260, 2006.

SUN, J.; DENG, Z.; YAN, A. Bacterial multidrug efflux pumps: mechanisms, physiology and pharmacological exploitations. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 453, n. 2, p. 254-267, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed., Artmed, 2013. 918 p.

TAKANASHI, K.; SHITAN, N.; YAZAKI, K. The multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family in plants. **Plant Biotechnology**, v. 31, n. 5, p. 417-430, 2014.

TANWAR, J. *et al*. Multidrug resistance: an emerging crisis. **Interdisciplinary perspectives on infectious diseases**, v. 2014, 2014.

TEGOS, G. P. *et al*. Microbial efflux pump inhibition: tactics and strategies. **Current pharmaceutical design**, v. 17, n. 13, p. 1291-1302, 2011.

THURLOW, L. R.; JOSHI, G. S.; RICHARDSON, A. R. Virulence strategies of the dominant USA300 lineage of community-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus (CA-MRSA). **Pathogens and Disease**, v. 65, n. 1, p. 5-22, 2012.

TIWARI, G.; TIWARI, R.; RAI, A. K. Cyclodextrins in delivery systems: Applications. **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 72, 2010.

TONG, S. Y. C *et al*. Staphylococcus aureus infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. **Clinical microbiology reviews**, v. 28, n. 3, p. 603-661, 2015.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia.** 10. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010.

TRABULSI, L. R.; ALTHERTHUM, F. **Microbiologia.** Staphylococcus aureus. São Paulo: Atheneu, 2005.

VASILIOU, V.; VASILIOU, K.; NEBERT, D. W. Human ATP-binding cassette (ABC) transporter family. **Human genomics**, v. 3, n. 3, p. 281, 2009.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

VON NUSSBAUM, F. *et al.* Antibacterial natural products in medicinal chemistry—exodus or revival?. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 45, n. 31, p. 5072-5129, 2006.

WILKENS, S. Structure and mechanism of ABC transporters. **F1000prime reports**, v. 7, 2015.

WITTE, W. *et al.* Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 in humans and animals, Central Europe. **Emerging infectious diseases**, v. 13, n. 2, p. 255, 2007.

YAN, N. Structural advances for the major facilitator superfamily (MFS) transporters. **Trends in biochemical sciences**, v. 38, n. 3, p. 151-159, 2013.

VIVIANE BEZERRA DA SILVA: Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Regional do Cariri-URCA (2018) e Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci - UNIASSELVI (2020). Especialista em Ecologia e Desenvolvimento Sustentável pela Faculdade de Venda Nova do Imigrante - FAVENI (2020). Mestra em Diversidade Biológica e Recursos Naturais pela Universidade Regional do Cariri - URCA (2020) e atualmente doutoranda no programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Pernambuco - UFPE. Atualmente também está realizando o curso de Especialização em Ensino de Química e Biologia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Foi bolsista de Iniciação Científica fomentada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (2016 a 2018), atuando principalmente com o tema alelopatia. Atualmente, é membro do grupo de pesquisadores do Laboratório de Ecologia Aplicada e Fitoquímica - LEAF da UFPE e bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Possui experiência em prospecção química e atividade bioherbicida de plantas do Cerrado e da Caatinga cearense e na investigação de atividades biológicas de produtos naturais.

JOSÉ WEVERTON ALMEIDA-BEZERRA: Graduado em Licenciatura plena em Ciências Biológicas pela Universidade Regional do Cariri - URCA (2017), Especialista em Microbiologia, pela Faculdade de Venda Nova do Imigrante FAVENI (2020), Mestre (2020) e Doutor (2023) em Biologia Vegetal pela Universidade Federal do Pernambuco - UFPE na linha de Botânica Aplicada e Etnobotânica. Atualmente, Pesquisador bolsista de Pós-doutorado do Departamento de Química Biológica (PPQB), pela Universidade Regional do Cariri - URCA. Foi listado no ranking da *AD Scientific Index* (2024) como sendo um dos principais pesquisadores (25º lugar) da Universidade Regional do Cariri. Foi professor do curso de Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri - URCA, Campus Missão Velha. Tendo sido responsável pelas disciplinas de Microbiologia, Parasitologia, TCC I, TCC II e Entomologia. Além disso, atuou como Docente do Núcleo de Ciências Biológicas do Programa de Residência Multiprofissional em Saúde Coletiva da URCA. É membro do grupo de pesquisadores do Laboratório de Micologia Aplicada do Cariri - LMAC e do Laboratório de Microbiologia e Biologia Molecular – LMBM, ambos da URCA. Tem experiência na investigação de atividades biológicas de produtos naturais e sintéticos frente a agentes etiológicos de doenças infecciosas e parasitárias. Além disso, é revisor *Ad hoc* de diversos periódicos, tais como Antibiotics-Basel (ISSN: 2079-6382; FI:5,222) e Applied Sciences (ISSN: 2076-3417; FI:2,835).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura sustentável 130

Alelopatia 25, 30, 31, 33, 129

Alfabetização científica 114

Alternativas terapêuticas 115, 116, 123

Análise genética 130

Antimicrobianos 116, 117, 118, 119, 126

Aprendizagem lúdica 130

Aprendizagem significativa 34, 36, 39

Autonomia dos alunos 130

B

Bioherbicidas 25

BNCC 34, 35, 39, 66

Bombas de efluxo 115, 116, 117, 119, 120, 121, 123

C

Clorpirifós 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Conscientização ambiental 34

Conservação 130

Covid-19 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Cultura indígena 130

Curiosidade científica 130

D

Decibéis 130

Degradação ambiental 130

Desordens genéticas 11

Distrofia muscular 11

E

Ecossistemas marinhos 34, 37

Ecossistemas mexicanos 130

Educação básica 58, 59

Educação primária 130

Ensino de ciências 34, 36, 58, 60, 66, 102, 113, 114

Equidade 11

F

Fibrose cística 11, 119

Fígado 1, 2, 3, 4, 7

Filogenia molecular 130

G

Gene COI 130

H

Herbicidas 25, 31

I

Impacto ambiental 37

Impacto clínico 115, 116

Intoxicação 1, 2, 7, 8

M

Maiestas dorsalis 67, 68, 70, 71, 72, 130

Metodologias ativas 58, 60, 66

Mitigação 130

Modelos atômicos 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66

N

N-acetilcisteína 4, 5

P

Patrimônio biocultural 130

Percepção pública 130

Plantas daninhas 25, 30, 31, 32, 33

Poluição sonora 130

Prevenção 130

R

Ratos Wistar 1, 7

Resistência bacteriana 115, 116, 117, 118, 123, 124, 126, 127

S

Saúde humana 6, 8, 123

T

Terapia gênica 11

V

Venado cola blanca 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Vetor de vírus 130

Z

Zoonose 130

EXPLORANDO A VIDA

UMA JORNADA PELAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2024

EXPLORANDO A VIDA

UMA JORNADA PELAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2024